



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

# ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK VEŘEJNÉHO VODOVODU

RISK ANALYSIS AND EVALUATION OF SOURCES OF PUBLIC WATER SUPPLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. ANETA NOVOTNÁ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. TOMÁŠ VYMAZAL, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2014/15

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Aneta Novotná

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení rizik stavebních konstrukcí (3901T044)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Analýza a hodnocení rizik veřejného vodovodu**

v anglickém jazyce:

#### **Risk analysis and evaluation of sources of public water supply**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

DP se bude zabývat analýzou a hodnocením rizik systému veřejného vodovodu. V rámci práce se pomocí vhodné metodiky budou analyzovat a hodnotit rizika, která mohou ovlivnit kvalitu vody a vlastnosti systému. Práce bude řešena podle aktuálně platné legislativy a příslušných technických standardů.

Cíle diplomové práce:

Cílem DP bude analyzovat a posoudit kvalitativní, environmentální a bezpečnostní rizika pro systém veřejného vodovodu a použít nástroje pro jejich řízení a eliminaci.


Seznam odborné literatury:

- [1] TICHÝ, M.: Ovládání rizika, Praha, 2006, 80-7179-415-5.
- [2] MORAVCOVÁ, B. Analýza a hodnocení rizik technologií výstavby stavebních konstrukcí v prostředí integrovaného systému řízení. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 134 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.
- [3] ČSN EN 31010: 2011. Management rizik – Techniky posuzování rizik. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [4] Normativní dokumenty z dané problematiky.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 24. 10. 2014



---

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředitel vysokoškolského ústavu



### ***Abstrakt***

Diplomová práce je zaměřena na identifikaci, kvantifikaci a hodnocení rizik při dodávce pitné vody, aplikací vhodných metod na konkrétním veřejném vodovodu, jeho prostředí a provozování. Je vybrána metoda WaterRisk a z ČSN EN 31010 Management rizik - Techniky posuzování rizik jsou vybrány metody - analýza možných vad a jejich důsledků (FMEA), Paretův diagram a Ishikawa diagram. Cílem diplomové práce je analyzovat a posoudit kvalitativní, environmentální a bezpečnostní rizika pro systém veřejného vodovodu a použít nástroje pro jejich řízení a eliminaci, jejichž výsledky budou porovnány a zhodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých analýz.

### ***Abstract***

The thesis is focused on the identification, quantification and assessment of risks in the supply of drinking water, the application of appropriate methods for specific public water supply, the environment and operation. WaterRisk method based on EN 31010 Risk Management - Techniques of risk assessment methods are chosen - analysis of possible defects and their consequences (FMEA), Pareto diagram and Ishikawa diagram. The aim of the thesis is analyze and assess the quality, environmental and safety risks to the public water supply system and use tools for their management and elimination. The results will be compared and evaluated the advantages and disadvantages of each analysis.

### ***Klíčová slova***

Management rizik, riziko, nebezpečí, důsledek, veřejný vodovod, kvalita.

### ***Keywords***

Risk management, risk, hazard, consequence, public water supply, quality.

***Bibliografická citace***

NOVOTNÁ, A. Analýza a hodnocení rizik veřejného vodovodu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2015. 150 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D..

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....  
Bc. Aneta Novotná

### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Tomáši Vymazalovi, Ph.D. za jeho vedení, čas a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D. za odborné rady v oblasti veřejného vodovodu a práce v programu WaterRisk. Děkuji také Vodárenské akciové společnosti, a.s. za poskytnuté podklady, čas a trpělivost. V neposlední řadě děkuji také svým rodičům a celé rodině za to, že mi umožnili studium na vysoké škole a za jejich podporu během celého studia.

# 1 OBSAH

1	OBSAH .....	8
2	ÚVOD .....	10
3	LEGISLATIVA.....	11
3.1	Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) č. 254/2001 Sb..	11
3.2	Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) č. 274/2001 Sb. ....	12
3.3	Vyhláška, kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích č. 428/2001 Sb. ....	13
3.4	Zákon o ochraně veřejného zdraví 258/2000 Sb. ....	13
3.5	Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody č. 252/2004 Sb. ....	14
3.6	Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl č. 216/2011 Sb. ....	14
3.7	ČSN ISO 31000 Management rizik- principy a směrnice .....	15
3.8	ČSN EN ISO 31010 Management rizik - techniky posuzování rizik .....	16
4	RIZIKO, NEBEZPEČÍ A ZDROJ NEBEZPEČÍ .....	17
4.1	Riziko.....	17
4.2	Nebezpečí.....	17
4.3	Zdroj nebezpečí.....	18
5	PROCES MANAGEMENTU RIZIK .....	19
6	METODY ANALÝZY RIZIK.....	22
6.1	WaterRisk – riziková analýza systémů zásobování pitnou vodou.....	22
6.1.1	<i>Dílčí cíle řešení</i> .....	22
6.1.2	<i>Popis práce v aplikaci WeterRisk</i> .....	23
6.2	Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).....	29
6.3	Paretův diagram .....	29
6.4	Analýza příčin a následků, Ishikawa diagram (Cause-and-effect analysis) .....	30
7	POPIS VODOVODNÍ SÍTĚ .....	32
7.1	Hlavní objekty skupinového vodovodu .....	35
7.2	Popis řízení vodovodu .....	42
7.3	Měření průtoků .....	43
7.4	Měření výšek hladin.....	43
7.5	Místa pro odběr vzorků vody pro kontrolu její jakosti .....	43
8	APLIKACE RIZIKOVÝCH ANALÝZ .....	44
8.1	WaterRisk .....	44
8.1.1	<i>Základní údaje o projektu</i> .....	44
8.1.2	<i>Evidence majetku</i> .....	45
8.1.3	<i>Volba metodiky</i> .....	46
8.1.4	<i>Deskripce systému</i> .....	47
8.1.5	<i>Identifikace nebezpečí</i> .....	49
8.1.6	<i>Analýza rizik</i> .....	51
8.1.7	<i>Nápravné opatření a vyhodnocení výsledků</i> .....	55
8.2	FMEA .....	55



8.3	Paretův diagram .....	61
8.4	Ishikawa diagram .....	64
9	ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ .....	75
10	LITERATURA .....	77
10.1	PUBLIKACE .....	77
10.2	LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY .....	77
10.3	INTERNETOVÉ ODKAZY .....	78
11	SEZNAMY .....	79
11.1	Seznam diagramů .....	79
11.2	Seznam tabulek .....	79
11.3	Seznam obrázků .....	79
12	PŘÍLOHY .....	81

## 2 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je použití vybraných metodik (WaterRisk, FMEA, Paretův diagram a Ishikawa diagram) pro identifikaci, kvantifikaci a hodnocení rizik při dodávce pitné vody, jako jedné ze základních složek životního prostředí. Metodika WaterRisk je vybrána záměrně pro své zaměření na veřejné systémy zásobování pitnou vodou. Je založena na implementaci teorie analýzy a řízení rizik, přičemž hlavní pozornost je věnována nebezpečím a nežádoucím stavům, které mohou mít vliv na omezení a přerušení dodávek pitné vody a její kvalitu.

Celá diplomová práce je rozdělena na dvě části - teoretickou a praktickou. První kapitola se bude zabývat popisem základních pojmů z oblasti systému veřejného vodovodu a managementu rizik. Popis těchto stěžejních pojmů je důležitý zejména pro správné pochopení souvislostí v navazujících kapitolách a pro lepší orientaci v problematice daného tématu. V druhé kapitole budou představeny pojmy jako riziko, nebezpečí a zdroj nebezpečí. V další kapitole bude popsán management rizik a nejpožívanější analytické metody pro kvantifikaci rizika. Těchto metod existuje několik desítek, proto výběr těch nejpodstatnějších nebude zcela jednoduchý, ale ještě důležitější bude výběr těch, jež by měly být použity pro konečné posouzení zdrojů rizik v mnou vybraném vodovodním systému. Teoretickou část pak zakončí seznámením s aplikací WaterRisk, která bude použita v praktické části.

V praktické části se zaměřím na popsání skupinového veřejného vodovodu A, na kterém pak provedu analýzu rizik WaterRisk a vybrané analýzy rizik, jejichž výsledky následně porovnáám a zhodnotím jednotlivé analýzy.

Po domluvě s vodárenskou společností, se v diplomové práci nebudou vyskytovat přesná pojmenování obcí, kterých se skupinový vodovod týká. Jejich názvy jsou v textu nahrazeny velkými písmeny A, B a C.

### 3 LEGISLATIVA

#### 3.1 ZÁKON O VODÁCH A O ZMĚNĚ NĚKTERÝCH ZÁKONŮ (VODNÍ ZÁKON) Č. 254/2001 SB.

Vodní zákon se zaměřuje především na [11], [21] :

- ochranu povrchové a podzemní vody,
- jejího šetrného užívání (vodních zdrojů),
- udržení a vylepšení jakosti povrchových a podzemních vod,
- utvoření podmínek na ochranu před účinky sucha a povodní,
- bezpečnost vodních děl,
- systém zásobování pitnou vodou,
- ochranu vodních a suchozemských ekosystému

Pojmy a definice uvedené ve vodním zákoně [11], [21]:

##### **Povrchové vody**

*jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.*

##### **Podzemní vody**

*jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních.*

##### **Vodní útvar**

*je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod.*

##### **Vodní zdroj**

*jsou povrchové nebo podzemní vody, které jsou využívány nebo které mohou být využívány pro uspokojení potřeb člověka, zejména pro pitné účely.*

##### **Nakládáním s povrchovými nebo podzemními vodami**

*je jejich vzdouvání pomocí vodních děl, využívání jejich energetického potenciálu, jejich využívání k plavbě nebo k plavení dřeva, k chovu ryb nebo vodní drůbeže, jejich odběr, vypouštění odpadních vod do nich a další způsoby, jimiž lze využívat jejich vlastnosti nebo ovlivňovat jejich množství, průtok, výskyt nebo jakost.*

##### **Povodí**

*je území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku.*

### **3.2 ZÁKON O VODOVODECH A KANALIZACÍCH PRO VEŘEJNOU POTŘEBU A O ZMĚNĚ NĚKTERÝCH ZÁKONŮ (ZÁKON O VODOVODECH A KANALIZACÍCH) Č. 274/2001 SB.**

Zákon o vodovodech a kanalizacích upřesňuje některé vztahy vytvořené při vývoji, budování a správě vodovodů a kanalizací, přípojek a také vliv orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů. Vodovody a kanalizace určené pro veřejnou potřebu se spravují ve veřejném zájmu.

Zákon je určen pro vodovody a kanalizace využívané minimálně 50 fyzickými osobami anebo je-li průměrná denní spotřeba minimálně 10m<sup>3</sup> za den. Naopak není určen pro vodovody na jinou než pitnou vodu, oddílné kanalizace (odtok povrchových vod vytvořených odtokem srážkových vod), a také není určen pro vodovody a kanalizace (a jejich části) na nichž není připojen aspoň 1 odběratel. Pojmy a definice [11], [22]:

#### **Vodovod**

*je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující vodovodní řady a vodárenské objekty, jimiž jsou zejména stavby pro jímání a odběr povrchové nebo podzemní vody, její úpravu a shromažďování. Vodovod je vodním dílem.*

#### **Provozování vodovodů**

*je souhrn činností, kterými se zajišťuje dodávka pitné vody. Rozumí se jím zejména dodržování technologických postupů při odběru, úpravě a dopravě pitné vody včetně manipulací, dodržování provozních nebo manipulačních řádů, vedení provozní dokumentace, provozní a fakturační měření, dohled nad provozuschopností vodovodů, příprava podkladů pro výpočet ceny pro vodné a stočné a další související činnosti; není jím správa vodovodů a kanalizací ani jejich rozvoj.*

#### **Provozovatelem vodovodu**

*(dále jen "provozovatel") je osoba, která provozuje vodovod a je držitelem povolení k provozování tohoto vodovodu vydaného krajským úřadem.*

#### **Odběratel**

*je vlastník pozemku nebo stavby připojené na vodovod, není-li dále stanoveno jinak; u budov v majetku České republiky je odběratelem organizační složka státu, které přísluší hospodaření s touto budovou podle zvláštního zákona; u budov, u nichž spoluvlastník budovy je vlastníkem bytu nebo nebytového prostoru jako prostorově vymezené části budovy a zároveň podílovým spoluvlastníkem společných částí budovy, je odběratelem společenství vlastníků.*

### 3.3 VYHLÁŠKA, KTEROU SE PROVÁDÍ ZÁKON O VODOVODECH A KANALIZACÍCH Č. 428/2001 SB.

Pojmy a definice uváděné ve vyhlášce [11], [23]:

#### **vodovodní řad**

*úsek vodovodního potrubí včetně stavební a technologické části objektů určený k plnění určité funkce v systému dopravy vody.*

#### **příváděcí vodovodní řad**

*pro dopravu vody mezi hlavními objekty vodovodu (například do úpravny vod, čerpací stanice, vodojemu); zvláštním typem příváděcího řadu je zásobní řad pro dopravu vody z vodojemu do rozvodné vodovodní sítě.*

#### **rozvodnou vodovodní síť**

*soustava vodovodních řadů určená pro dodávání vody k místům jejího odběru; součástí rozvodné vodovodní sítě jsou hlavní řad a rozváděcí řad.*

#### **stavba pro úpravu vody**

*soubor objektů a zařízení s technologií pro úpravu vody (úpravna vody); za stavbu pro úpravu vody se pro účely vybraných údajů majetkové nebo provozní evidence považuje i stavba k jímání vody, s případným zařízením na zdravotní zabezpečení vody bez technologie úpravy vody.*

### 3.4 ZÁKON O OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ 258/2000 SB.

Zákon upřesňuje [11], [24]:

- práva a povinnosti v oboru, jež se zabývá ochranou veřejného zdraví,
- oblast působnosti a pravomocí orgánů ochrany veřejného zdraví,
- povinnosti jiných orgánů veřejné správy z hlediska hodnocení a snižování hluku a dlouhodobého průměrného hlukového zatížení životního prostředí.

#### **Veřejné zdraví**

*je zdravotní stav obyvatelstva a jeho skupin. Tento zdravotní stav je určován souhrnem přírodních, životních a pracovních podmínek a způsobem života.*

#### **Ochrana a podpora veřejného zdraví**

*je souhrn činností a opatření k vytváření a ochraně zdravých životních a pracovních podmínek a zabránění šíření infekčních a hromadně se vyskytujících onemocnění, ohrožení zdraví v souvislosti s vykonávanou prací, vzniku nemocí souvisejících s prací a jiných významných poruch zdraví a doзору nad jejich zachováním. Ohrožením veřejného zdraví je stav, při kterém jsou obyvatelstvo nebo jeho skupiny vystaveny nebezpečí, z něhož míra zátěže rizikovými faktory přírodních, životních nebo pracovních podmínek překračuje obecně přijatelnou úroveň a představuje významné riziko poškození zdraví.*

### 3.5 VYHLÁŠKA, KTEROU SE STANOVÍ HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA PITNOU A TEPLOU VODU A ČETNOST A ROZSAH KONTROLY PITNÉ VODY Č. 252/2004 SB.

Tato vyhláška předepisuje hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů kvality pitné vody (i balené a teplé vody). Upřesňuje také rozsah a množství kontrol potřebných k dodržení kvality pitné vody a nároky na metody kontroly kvality pitné vody. [11] [25]

#### **hygienický limit**

*hodnota stanovená v přílohách zákona nebo hodnota stanovená na základě zákona orgánem ochrany veřejného zdraví.*

#### **mezní hodnota**

*hodnota ukazatele jakosti pitné vody, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot.*

#### **nejvyšší mezní hodnota**

*hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak.*

#### **zásobovaná oblast**

*určené území více, jednoho nebo části katastrálního území, ve kterém je lokalizována rozvodná síť, ve které pitná voda pochází z jednoho nebo více zdrojů a jejíž jakost je možno považovat za přibližně stejnou a voda v této rozvodné síti je dodávána jedním provozovatelem, popřípadě vlastníkem vodovodu pro veřejnou potřebu.*

#### **přerušování zásobování vodou**

*odstávka vodovodu nebo jeho části spojená s vypuštěním vody z potrubí.*

### 3.6 VYHLÁŠKA O NÁLEŽITOSTECH MANIPULAČNÍCH ŘÁDŮ A PROVOZNÍCH ŘÁDŮ VODNÍCH DĚL Č. 216/2011 SB.

Pojmy a definice uváděné ve vyhlášce [11], [26]:

#### **manipulační řád vodního díla**

*soubor zásad a pokynů pro manipulaci s vodou k jejímu účelnému a hospodárnému využití podle povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami a stavebního povolení k vodnímu dílu, ke snižování nepříznivých účinků povodní, sucha a ledových jevů, k ochraně a zlepšení jakosti vody, jakož i k zajištění bezpečnosti, stability a spolehlivosti vodního díla.*

### **provozní řád vodního díla**

*soubor zásad, pokynů a dokumentace pro obsluhu a údržbu objektů a zařízení vodního díla.*

## **3.7 ČSN ISO 31000 MANAGEMENT RIZIK- PRINCIPY A SMĚRNICE**

Norma se zabývá procesem managementu rizik, především principy a směrnici pro jeho efektivnost. Nabádá k rozvoji organizací z hlediska spojení procesu pro řízení rizik a plánování, managementu, procesů podávání hlášení, politik, hodnot a kultury. Norma popisuje spojitost mezi managementem rizik, rámcem pomocí kterého vzniká a procesy managementu rizik. [9]

### **riziko**

*účinek nejistoty na dosažení cílů*

### **management rizik**

*koordinované činnosti pro vedení a řízení organizace s ohledem na rizika.*

### **postoj k riziku**

*přístup organizace k posuzování rizika a případně zabývání se rizikem, k spoluúčasti, převzetí nebo odmítání rizika.*

### **vlastník rizika**

*osoba nebo entita s odpovědností a pravomocí řídit riziko.*

### **proces managementu rizik**

*systematické uplatňování manažerských politik, postupů a zavedené praxe u činností sdělování, konzultování, stanovení kontextu, a zjišťování, analyzování, hodnocení, ošetřování, monitorování a přezkoumávání rizik.*

### **identifikace rizik**

*proces hledání, rozpoznávání a popisování rizik.*

### **zdroj rizika**

*prvek, který sám nebo v kombinaci s jinými prvky má vnitřní potenciální schopnost způsobit riziko.*

### **analýza rizika**

*proces pochopení povahy rizika a stanovení úrovně rizika.*

### **hodnocení rizik**

*proces porovnání výsledků analýzy rizik s kritérii rizik k určení, zda riziko a/nebo jeho velikost je přijatelné nebo tolerovatelné.*

### **3.8 ČSN EN ISO 31010 MANAGEMENT RIZIK - TECHNIKY POSUZOVÁNÍ RIZIK**

ISO 31010 je pomocnou normou pro normu ISO 31000. Obsahuje instrukce k výběru a použití technik pro posuzování rizik. Jsou zde popsána použití některých technik pro posuzování rizik. V normě nejsou ukázána specifická kritéria k nalezení potřeby analýzy rizik, ani není určen přesný typ metody analýzy rizik, který je vyžadován pro určité použití. Fakt, že je metoda použitelná v určitém případě, neznamena, že musí být aplikována. [4]



## 4 RIZIKO, NEBEZPEČÍ A ZDROJ NEBEZPEČÍ

### 4.1 RIZIKO

V dnešní době neexistuje definice rizika, která by byla všeobecně daná pro všechny obory, které se riziky zabývají. Každý z oborů do svého pojetí rizika přidává něco ze sebe. [2]

Riziko by však mělo mít vždy dva základní prvky: pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu a následek tohoto stavu. Kvůli kvantifikaci rizika vyjadřujeme riziko jako součin těchto dvou prvků:

$$R = P \times N$$

kde        R... hodnota rizika,  
              P... pravděpodobnost vzniku nežádoucího stavu,  
              N... následek nežádoucího vztahu.

Základní dělení rizika při řízení rizik je na kvantitativní (číselně, graficky nebo slovně ohodnocené míra rizika) a kvalitativní (riziko spojené s nevyhovující kvalitou).

Dále můžeme rizika dělit podle závažnosti [3]:

- Bezvýznamné, zanedbatelné riziko (není vyžadováno žádné zvláštní opatření),
- Akceptovatelné, méně významné riziko (je nutno svážit opatření (náklady) na zlepšení nebo řešení),
- Nežádoucí riziko (rychlost provedení opatření není tak závažné jako u významného rizika, ale i přes to musí být prostředky na snížení rizika použita ve stanoveném časovém období),
- Významné riziko (vyžaduje urychlené provedení odpovídajících bezpečnostních opatření),
- Nepříjemné riziko (s katastrofickými důsledky, vyžadující okamžité zastavení činnosti, odstavení z provozu do doby realizace nezbytných opatření a nového vyhodnocení rizik).

### 4.2 NEBEZPEČÍ

*„Nebezpečím označujeme reálnou hrozbu poškození vyšetřovaného objektu nebo procesu.“ [1]*

Nebezpečí můžeme rozdělit na absolutní a relativní. Absolutní nebezpečí je pro každého člověka vždy nepříznivou událostí. Relativní nebezpečí naopak může pro některé znamenat nepříznivou událost, ale pro někoho naopak příznivou. Například povodně znamenají pro většinu lidí nepříznivou událost, ale pro pojišťovny také příznivou událost.

Dále podle původce můžeme nebezpečí rozdělit do dalších tří skupin [2]:

- přírodní nebezpečí (zemětřesení, tajfuny, povodně, ...),

- společenská nebezpečí (způsobená lidským faktorem, buď úmyslně, nebo neúmyslně),
- technická a technologická nebezpečí (poruchy, selhání, degradace materiálu, ...).

### **4.3 ZDROJ NEBEZPEČÍ**

Zdrojem nebezpečí chápeme schopnost aktivovat nebezpečí v určitém prostoru a čase. Zdrojem nebezpečí se myslí stroje, technologie, činnosti apod., které mohou způsobit negativní jev, škodu či úraz. [3]

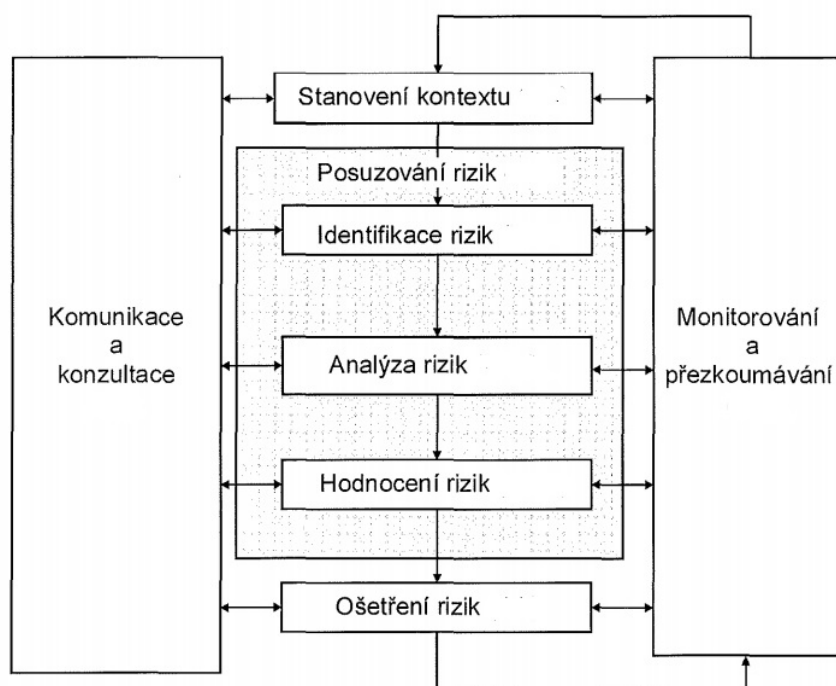
Všechny tyto tři pojmy spolu významnou měrou souvisí. Pokud totiž chceme řídit rizika, musíme znát zdroj nebezpečí, vlastnosti nebezpečí a předpokládané následky.

## 5 PROCES MANAGEMENTU RIZIK

Management rizik je proces zahrnující činnosti sloužících k poznání, ohodnocení a minimalizaci rizik.

Management rizik v sobě musí vždy zahrnovat:

- ANALÝZU RIZIK (risk analysis),
- HODNOCENÍ RIZIK (risk evaluation),
- ŘÍZENÍ RIZIK (risk control).



Obrázek 1 Základní kroky managementu rizik [12]

Cílem managementu rizika je snížit ztráty na životě, onemocnění nebo zranění, škody na majetku a následné ztráty a dopady na životní prostředí, zabránit jim nebo regulovat je. [6]

Posuzování rizik zahrnuje hlavní prvky management rizik a k tomu ještě další prvky:

- Komunikace a konzultace
- Stanovení kontextu
- Posouzení rizik (identifikace rizik, analýza rizik a hodnocení rizik)
- Ošetření rizika
- Monitorování a přezkoumání

### **Komunikace a konzultace**

Zahrnutím efektivní komunikace a konzultace se zainteresovanými stranami do procesu management rizik přispěje k:

- zpracování komunikačního plánu

- správnému kontextu
- zahrnutí zájmů zainteresovaných stran
- spojení rozdílných oblastí odborných znalostí pro práci s riziky
- zohlednění všech hledisek vhodným způsobem
- dostatečné identifikaci rizik
- získání podpory a schválení plánu ošetření rizik

Proces komunikace a konzultace probíhá po celou dobu procesu managementu rizik, protože každý zainteresovaný může mít jiný názor, jiné vnímání nebo zkušenost s danými riziky.[8]

### **Stanovení kontextu**

Kontext se stanoví vymezením:

- základních parametrů pro řízení rizika
- rozsahu platnosti
- kritérií pro zbytek procesu

Pro stanovení kontextu se určují vnitřní a vnější parametry a stanoví se cíle a program posuzování rizik a kritéria rizik. [4]

### **Identifikace rizik**

Identifikace rizik spočívá v odhalení a popsání všech možných rizik, která souvisí s řešeným projektem.

Obsahuje tři základní etapy:

- příprava vstupních údajů do procesu identifikace
- zvolení správné metody identifikace (metody založené na důkazu, systematické týmové přístupy, techniky induktivního uvažování, ...)
- provedení identifikace, sepsání seznamu rizik, popis rizik a předběžné návrhy na ošetření rizik

### **Analýza rizik**

Je systematické použití dostupných informací k identifikaci možného nebezpečí, odhadu rizika s ohledem na ochranu oprávněného zájmu společnosti z hlediska ochrany života, zdraví, majetku a životního prostředí. [5]

Analýza rizik je proces, který se snaží odpovědět na tři základní otázky:

- Co by se mohlo pokazit? (Ident. nebezpečí a než. stavů)
- S jakou pravděpodobností se to stane? (Analýza četností)
- Jaké budou následky? (Analýza následků)

Je velmi důležité si uvědomit, že analýza rizik (její postupy, metody a terminologie) se mění podle typu oboru a konkrétním problému na kterém je řešena.

Metody analýzy rizika mohou být kvalitativní, semikvantitativní nebo kvantitativní.

- Kvalitativní metoda popisuje pravděpodobnost a následek rizika slovně (např. "vysoká", "střední" a "nízká" úroveň) a stupnicemi.

- Semikvantitativní metody používají pro následek a pravděpodobnost numerické klasifikační stupnice. Stupnice mohou být lineární nebo logaritmické, nebo mohou vyjadřovat jiný vztah. [4]
- Kvantitativní analýza používá praktické hodnoty pro následky a jejich pravděpodobnosti a stanoví hodnoty úrovně rizika ve specifických jednotkách, které vyplývají z kontextu. [4]

### **Hodnocení rizik**

Hodnocení rizik je založeno na výstupech z analýzy rizik, které nám pomáhají rozhodnout se při porovnání úrovně rizik (o tom, která rizika potřebují ošetření) se stanovenými kritérii rizik při zohlednění kontextu. Poté může být zvážena potřeba ošetření. V některých případech se může stát, že hodnocení povede k rozhodnutí provést opět analýzu rizik nebo neošetřit riziko jiným způsobem než dosavadním opatřením. [9]

### **Ošetření rizik**

Tento proces zahrnuje výběr jedné nebo několika možností jak ošetřit riziko a jejich zavedení. Je to cyklický proces zahrnující:

- Posouzení ošetření rizika
- Posouzení, zda hodnota zbytkového rizika je přijatelná
- Pro nepřijatelná se určí jiné ošetření
- Zhodnocení efektivnosti ošetření

Možnosti pro ošetření rizik [9]:

- vyvarování se rizika tím, že nezapočnu nebo ukončím činnost vyvolávající riziko
- přijetí nebo zvýšení rizika kvůli dosažení příležitosti
- eliminace zdroje rizika
- změna možnosti výskytu
- změna následků
- sdílení rizika s jinou stranou nebo stranami
- zachování rizika na základě informovaného rozhodnutí

### **Monitorování a přezkoumávání**

Oba procesy mají obsahovat všechny aspekty managementu rizik pro účely [9]:

- zajištění efektivních a účinných opatření
- nalezení většího množství informací pro zlepšení posouzení rizik
- analyzování a získání zkušeností (z událostí, změn, trendů, úspěchů a chyb)
- zjištění nových rizik

## 6 METODY ANALÝZY RIZIK

V současné době je známa celá řada metod pro analýzu rizik technologických systémů, které jsou vhodné pro identifikaci nebezpečí a odhadování rizika spolu s kritérii jejich volby. Obecně by mělo platit, že vhodná metoda:

- má být vědecky obhajitelná a vhodná pro uvažovaný systém;
- má poskytovat výsledky ve tvaru, který zlepšuje pochopení povahy rizika a způsobu, jakým ho je možné regulovat;
- má být způsobilá k tomu, aby ji mohli používat různí profesionálové tak, aby byla sledovatelná, opakovatelná a ověřitelná.

### 6.1 WATERRISK – RIZIKOVÁ ANALÝZA SYSTÉMŮ ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU

Tato softwarová aplikace byla vyvíjena v rámci vědecko - výzkumných projektů [2]:

2B06039 "*Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou - WaterRisk*"

Cílem projektu je návrh a vývoj metodiky pro identifikaci, kvantifikaci a řízení rizik při dodávce pitné vody, jako jedné ze základních složek životního prostředí. Tato metodika je založena na implementaci teorie analýzy a řízení rizik, přičemž hlavní pozornost je věnována nebezpečím a nežádoucím stavům, které mohou mít vliv na omezení a přerušení dodávek pitné vody a její kvalitu.

#### 6.1.1 Dílčí cíle řešení

Projekt WaterRisk je rozdělen do 8 základních pracovních modulů (PM), jejichž cílem je dosáhnout 4 stanovených dílčích cílů (DC) projektu [2]:

- DC1 (Metodika analýzy rizik jednotlivých základních částí systémů zásobování pitnou vodou od zdroje surové vody po spotřebitele)
  - PM1 Analýza rizik zdrojů pitné vody
  - PM2 Analýza rizik technologických procesů úpravy vody
  - PM3 Analýza rizik distribučního systému a jeho prvků
- DC2 (Metodika implementace a používání metody analýzy rizik a metody kontrolních kritických bodů (HACCP) při výrobě a distribuci pitné vody)
  - PM4 Metodika tvorby a implementace plánů zajištění bezpečné dodávky vody při výrobě a distribuci pitné vody u větších vodárenských systémů

- PM5 Metodika tvorby a implementace plánů zajištění bezpečné dodávky vody u malých obcí
- DC3 Testování navržených metodik na konkrétních vodárenských systémech
  - PM6 Ověřování a testování modulů analýzy rizik na konkrétních vybraných vodárenských systémech
  - PM7 Ověřování metodik implementace plánů pro zajištění bezpečnosti vody v praxi na konkrétních vybraných vodárenských systémech
- DC 4 Odborná monografie, veřejné webové stránky projektu a prezentace výsledků projektu
  - PM8 Řízení, prezentace a kontrola činností projektu

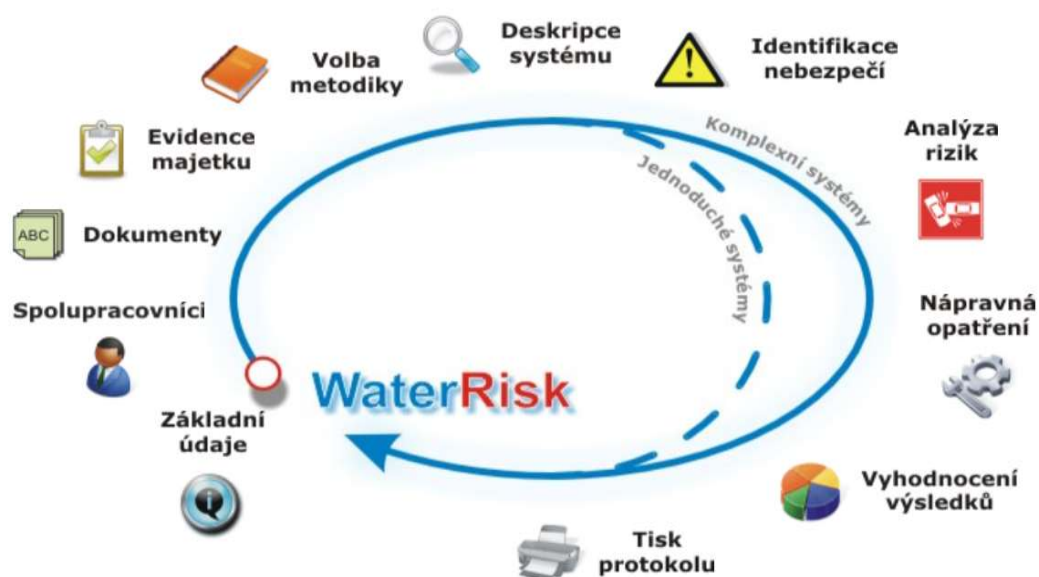
Garanti projektu WaterRisk jsou [2]:

- Hlaváč Jaroslav Doc. Ing. CSc. - Vodárenská akciová společnost, a.s.
- Kožíšek František MUDr. CSc. - Státní zdravotní ústav, přísp. org.
- Tuhovčák Ladislav Ing. CSc. - Vysoké učení technické v Brně

### 6.1.2 Popis práce v aplikaci WaterRisk

#### Registrace a přihlášení

Jako u většiny aplikací přes webové stránky je požadováno po uživateli se zaregistrovat. Registrace spočívá pouze v zadání: jména a příjmení uživatele, společnost (v níž je zaměstnán), emailová adresa (firemní) a kontaktní telefon. Tyto údaje jsou povinné. Každá žádost je prověřována administrátorem technické podpory a kontaktní údaje jsou ověřeny telefonicky, kvůli zvýšení zabezpečení a zamezení neautorizovaným přístupům. Po obdržení přihlašovacích údajů (na zadaný email) se uživatel může přihlásit k přístupu do aplikace.



Obrázek 2 úvodní menu aplikace WaterRisk [7]

### Založení projektu a výběr spolupracovníků

Založením nového projektu tlačítkem „Nový projekt“ je uživatel nucen vyplnit následující informace ve formuláři:

- Název projektu (kódové označení, zkratka)
- ID projektu
- Název vodovodu
- Počet obyvatel bydlících v oblasti (počet, nepovinné)
- Počet zásobovaných obyvatel (počet)
- Objem vody vyrobené k realizaci (m<sup>3</sup>/rok)
- Popis projektu
- Kraj
- Obec

Po založení nového projektu má uživatel možnost si do projektu přidat spolupracovníky, kteří s ním budou spolupracovat.

### Dokumenty

Tato funkce nabízí uživateli možnost ukládat všechny dokumenty na jednom místě, které se k projektu vztahují. Toto je výhodné z hlediska velkého množství různých datových zdrojů na jednom místě pro urychlení práce.

### Evidence majetku

V této části projektu se zadá majetková evidence posuzovaného vodovodu. Tyto informace vlastní vodárenské společnosti. Informace jsou v aplikaci rozděleny do tří záložek: vodní zdroje, úprava vody a distribuce vody (viz. Obrázek 5). Tyto informace jsou také důležité pro určení složitosti systému.



### Evidence majetku

Vodní zdroje   Úprava vody   Distribuce vody

#### Vodní zdroje

##### Vodní zdroje – vlastní

Podzemní zdroje	0	počet
Povrchové zdroje	0	počet
Smíšené zdroje podzemní a povrchové vody	0	počet

##### Převzatá voda

Podzemní zdroje	1	počet
Povrchové zdroje	0	počet
Smíšené zdroje podzemní vody a povrchové vody	0	počet

##### Využitelná kapacita zdrojů

	100	l/s
z toho podzemní zdroje	100	l/s

Obrázek 3 Evidence majetku aplikace WaterRisk [7]



Výčet požadovaných informací [7]:

- **Vodní zdroje**
  - Vodní zdroje – vlastní
    - Podzemní zdroje (počet)
    - Povrchové zdroje (počet)
  - Smíšené zdroje podzemní a povrchové vody (počet)
    - Převzatá voda
    - Podzemní zdroje (počet)
    - Povrchové zdroje (počet)
    - Smíšené zdroje podzemní vody a povrchové vody (počet)
  - Využitelná kapacita zdrojů (l/s)
    - z toho podzemní zdroje (l/s)
- **Úprava vody**
  - Počet úpraven vody (počet)
  - Využitelná kapacita úpraven vody (l/s)
  - Použité technologie úpravy vody (Dezinfekce, Odkyselování filtrací, Provdzušňování, Sedimentace, Dvoustupňová úprava, Filtrace přes aktivní uhlí, Koagulační filtrace, Biologická filtrace, Odželezňování, Oxidace, Odmanganování, Ozonace, Umělá filtrace, Stabilizace, Filtrace, Denitrifikace, UV záření, Jiné- zadá uživatel sám)
- **Distribuce vody**
  - Vodovodní řady
  - Vodovodní přípojky (počet)
  - Vodoměry (počet)
  - Čerpací stanice (počet)
  - Samostatná tlaková pásma (počet)
  - Vodojemy (počet)
  - Celkový objem vodojemů (m<sup>3</sup>)

#### **Volba metodiky**

Vyhodnocení systému podle složitosti a velikosti se dělá automaticky podle zadaných informací v předešlých krocích a je hodnocen podle pěti pravidel (viz. Obrázek 6). Podle tohoto se může uživatel rozhodnout, zda si vybere metodiku analýzy jednoduchou nebo komplexní.



### Volba metodiky

Kritérium	Tento SZV	Hranice	
Počet zásobovaných obyvatel	2 384	0 až 2 000 2 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Počet přípojek	520	0 až 500 501 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Délka sítě [m]	17 373	0 až 10 000 10 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Objem vody vyrobené k realizaci [m <sup>3</sup> /rok]	84 000	0 až 75 000 75 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Složitost použité technologie úpravy vody			Jednoduchý <b>Komplexní</b>

Vyhodnocením kritérií by měl být systém dále analyzován jako

**Komplexní**

Zvolte metodiku, kterou chcete analyzovat rizika tohoto systému

Obrázek 4 Volba metodiky aplikace WaterRisk [7]

## Deskripce systému

V tomto kroku sestaví uživatel celý svůj vodovodní systém a dílčí objekty opatří popisem. Deskripce systému probíhá v následujících krocích:

- Definice tlakových pásem - název, označení, popis a napájecí uzel pásma.
- Popis prvků systému - detailně a podle skutečné topologie se popíše celý vodovodní systém od vodního zdroje až po distribuční část.
- Křížová kontrola úplnosti zadání - tato funkce slouží pro kontrolu úplnosti zadání především u rozsáhlých systémů. Při každém uložení změny aplikace kontroluje soulad počtu jednotlivých objektů.



### Deskripce systému

#### Přehled

Prvek	Evidence majetku	Deskripce systému
<b>Vodní zdroje celkem:</b>	1	1
<i>Podzemní:</i>	1	1
<i>Povrchový:</i>	0	0
<b>Úpravny vody:</b>	1	1
<b>Distribuce:</b>		
<i>Vodojemy:</i>	2	2
<i>Čerpací stanice:</i>	2	2
<b>Samostatná tlaková pásma:</b>	2	2

Byl dosažen soulad v evidenci majetku a deskripci systému.

Obrázek 5 Deskripce systému aplikace WaterRisk [7]

## Identifikace nebezpečí

Tato část je stejná pro jednoduché i pro komplexní systémy. Uživatel se zobrazí seznam nebezpečí, které jsou definovány názvem, popisem, podmínkami vzniku a následky. Uživatel pomocí volby Ano, Ne či Nevím určuje zatrháváním, zda toto nebezpečí v dané části systému hrozí nebo nikoli. Vybráním odpovědi Nevím se zvyšuje hodnota nejistoty.



### Identifikace nebezpečí

Nebezpečí: 11 z 59  
Nejistota: 35%

Vodní zdroje Úprava vody Distribuce vody

#### Přírodní nebezpečí

Kód	Název	Popis	Podmínky vzniku	Následky	ANO	NE	NEVÍM
1.01	Přítalový děšť	Prudká přítalová srážka intenzity >160 l/s/ha	Intenzita děšť > 160 l/s/ha; nezastřešená akumulací nádrž pitné vody nebo nezakryté otvory ve stropě	Zhoršení kvality (kontaminace) surové vody; zatopení a/nebo zanesení objektů; zatékání děšťové vody do konstrukcí; mechanické poškozování; porušení stavební konstrukce objektů; kontaminace pitné vody v akumulací nádrži	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.02	Kyselý děšť	Děšť s pH < 5,6 způsobený oxidy síry či oxidy dusíku	pH děšť < 5,6	Chemická koroze nadzemních konstrukcí; okyselování půdy – koroze potrubí; uvolnění těžkých kovů sorbovaných v půdě	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.03	Sníh, kroupy, led, námraza	Extrémní projevy těchto jevů z hlediska četnosti a intenzity	Odběrný objekt v úrovni kolísání hladiny povrchové vody a nadmořská výška >500 m n.m.	Zamrzání vody; ledové nápěchy; mechanické poškozování konstrukcí; zatékání do konstrukcí, namrzání a ucpání nátoků odběrného objektu povrchové vody; porušení stavební konstrukce objektů	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 6 Identifikace nebezpečí aplikace WaterRisk [7]

## Analýza rizik

Analýza rizik je složena z několika kroků:

- Automatické vygenerování nežádoucích stavů (dále NS) pro každý celek vodárenského systému.
- Analýza četnosti v komplexní metodice.
- Analýza následků v metodice jednoduché a komplexní.

Výsledkem analýzy rizik je matice rizik. Matice rizik je prezentace výsledků pomocí tabulkového přehledu umístěného pod maticí rizik. Výsledky analýzy rizik pro každý prvek dané části systému jsou sloučeny do jednoho řádku, který prezentuje maximální hodnotu rizika, které bylo dosaženo hodnocením všech nežádoucích stavů, které se k tomuto prvku vztahují.

Hodnotící stupeň		Následky		
		C1	C2	C3
Pravděpodobnost	P1	0 / 0 / 0 K1 - zanedbatelné	0 / 0 / 0 K2 - nízké	0 / 0 / 0 K3 - střední
	P2	0 / 0 / 1 K2 - nízké	0 / 0 / 0 K3 - střední	0 / 0 / 0 K4 - vysoké
	P3	0 / 0 / 2 K3 - střední	0 / 0 / 0 K4 - vysoké	0 / 0 / 0 K5 - velmi vysoké

Obrázek 7 Matice rizik aplikace WaterRisk [7]

### Nápravná opatření a vyhodnocení výsledků

Tato funkce je možná pouze pro komplexní systémy. Každému nežádoucímu stavu můžeme definovat jedno nebo více opatření k redukci rizika. Definice nového opatření lze pomocí editačního formuláře, k tomuto účelu určeného. Zadává se název, nežádoucí stav, ke kterému se váže, technický popis, výše předpokládané investice a datum realizace opatření

Výsledky se prezentují v matici rizik, pod ní se vytváří přehledná sumarizační tabulka, která uvádí:

#### Realizovaná opatření

- celkový počet realizovaných nápravných opatření (odděleně pro vodní zdroje, úpravu vody a distribuční systém)
- celkové investiční náklady (tis. Kč)
- zvýšení provozních nákladů (tis. Kč/rok)

#### Plánovaná opatření

- celkový počet nerealizovaných nápravných opatření (odděleně pro vodní zdroje, úpravu vody a distribuční systém)
- celkové investiční náklady (tis. Kč)
- zvýšení provozních nákladů (tis. Kč/rok)

### Tisk protokolu a export výsledků

Poslední krok programového menu je funkce pro tisk výsledků a export dat do GIS. Uživatel má možnost vytištění kompletní zprávy k projektu, která obsahuje celkový výčet informací o evidenci majetku, deskripci systému, identifikaci nebezpečí, analýze rizik a nápravných opatření. Dokument e ve formátu PDF, je uzamčen a nelze ručně editovat.

## **6.2 ANALÝZA MOŽNOSTI VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)**

Analýza FMEA je uspořádaný systematický nástroj umožňující systematickou analýzu slabých částí systému, konstrukce nebo procesu, ještě před samotnou realizací. Čímž se předejde neočekávaným nesnázím při samotném provádění. Je lépe předcházet rizikům a vadám v předstihu, než je posléze odhalovat a eliminovat například finančními náklady na následky poruch. Můžeme tuto metodu brát také jako úspornou podobu eliminace a ochrany. Tato expertní analýza by se měla vytvářet za pomoci expertního týmu. [13]

Obecný postup metod FMEA je standardizován normou ČSN IEC 812. Tato metoda by měla být velmi dobře použitelná pro analýzu rizika systémů zásobování pitnou vodou. Vychází z určité konstrukční úrovně prvku nebo systému, pro niž jsou k dispozici kritéria poruchy (prvotní způsoby poruch). [10]

Rozšířením FMEA je uvážení kritičnosti poruchy. Tato analýza kritičnosti identifikovaných způsobů poruch je nazývána FMECA. Závažnost následků poruchy se popisuje kritičností, přičemž se stanoví několik tříd nebo úrovní kritičnosti.

Každá analýza obsahuje základní etapy postupu jako – analýza současného stavu, hodnocení současného stavu, návrh preventivních opatření a hodnocení stavu po provedení opatření.

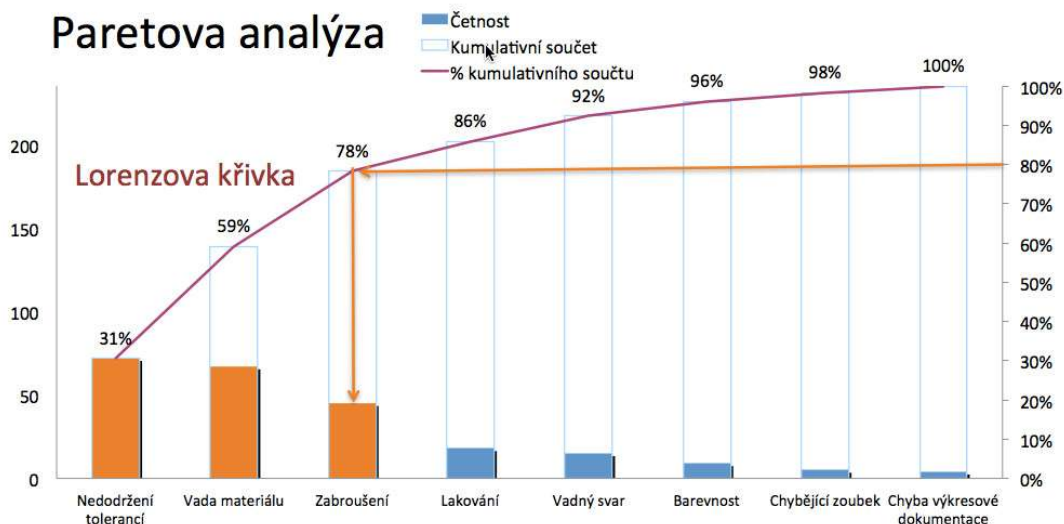
Pro tuto diplomovou práci bude použita analýza způsobů a důsledků poruch FMEA.

## **6.3 PARETŮV DIAGRAM**

Paretova analýza je důležitým nástrojem pro stanovení priorit při eliminaci rizika. Pomáhá nám pochopit podstatu jevů, oddělit podstatná ovlivnění problému od méně podstatných. Můžeme díky tomu určit nejdůležitější nositele problémů v systému. [14]

Analýza je pojmenována po ekonomovi a sociologovi Vilfredu Paretovi, který v roce 1897 popsal problém nerovnoměrného rozdělení bohatství v zemi: 80 % bohatství země je spravováno pouze 20 % populace v této zemi. Od tohoto tvrzení se odvozuje Paretovo pravidlo – Pravidlo 80/20, které říká: „Za 80 % důsledků (problémů) je zodpovědno zhruba 20 % nejdůležitějších příčin“.

Diagram, který je prezentací Paretova pravidla v praxi, je ve své podstatě histogram zobrazující jednotlivá rizika seřazena v klesajícím pořadí podle významnosti. Diagram je doplněn Lorenzovou křivkou představující kumulativní četnost. Díky ní můžeme oddělit ty příčiny, které mají největší vliv na následky (pomyslnou nebo reálnou svislou čárou v 80 %). [15]

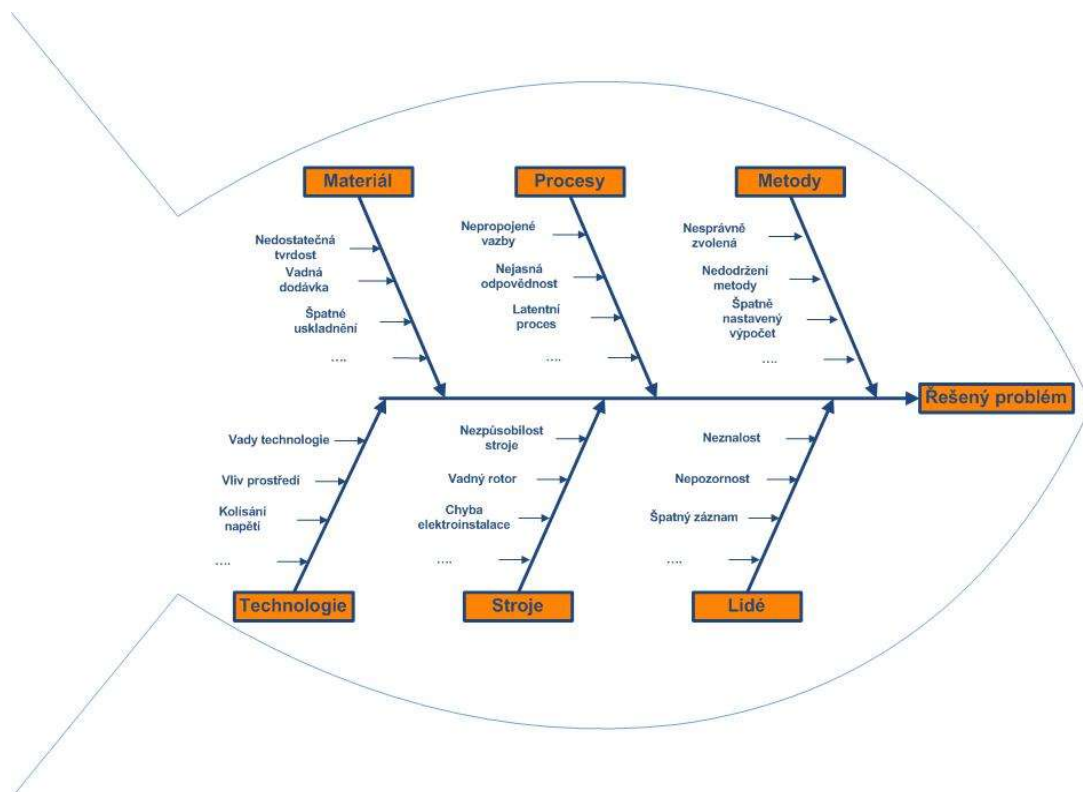


Obrázek 8 Ukázka Paretova diagramu [15]

#### 6.4 ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ, ISHIKAWA DIAGRAM (CAUSE-AND-EFFECT ANALYSIS)

„Analýza příčin a důsledků je strukturovaná metoda sloužící k identifikaci možných příčin nežádoucí události nebo problému. Pomocí ní jsou uspořádány možné přispívající faktory do obsáhlých kategorií, takže mohou být zohledněny všechny možné hypotézy. Sama o sobě však nepoukazuje na skutečné příčiny, protože tyto mohou být stanoveny pouze na základě skutečného důkazu a empirického testování hypotéz. Informace jsou seřazeny buď do diagramu typu rybí kost (také nazývaném Ishikawův), nebo do diagramu v podobě stromu.“ [4]

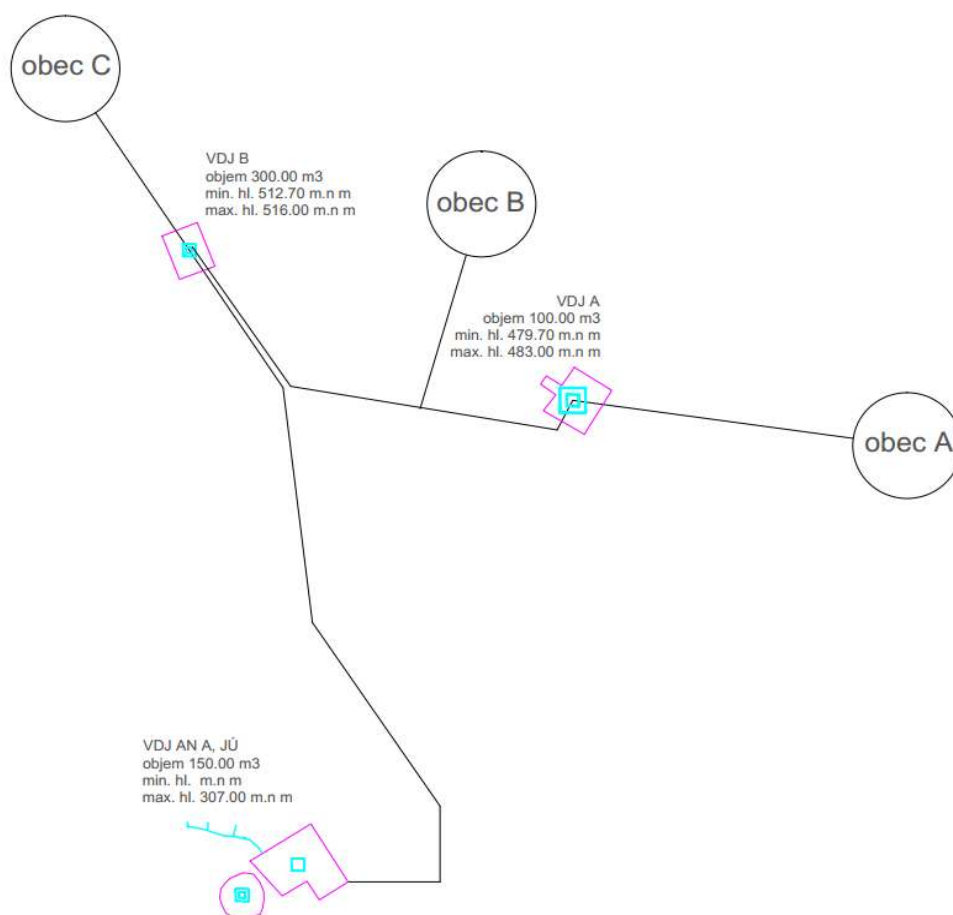
Při tvorbě Ishikawa diagramu se vytvoří tým pracovníků, kteří jsou s problémem nějakým způsobem dotčení. Na papír se doprostřed nakreslí vodorovná čára ukončená na pravé straně hlavním problémem. Na ní navážeme větvemi (kostmi), které reprezentují oblasti, ve kterých se možné příčiny hledají. Mezi hlavní oblasti patří: materiál, stroje, lidé, metody, měření a prostředí. Definují se základní příčiny a připojí se k jednotlivým kostem. Bližší představu o uspořádání diagramu můžeme vidět na obrázku 3.



Obrázek 9 Příklad Ishikawa diagramu [16]

## 7 POPIS VODOVODNÍ SÍTĚ

Skupinový vodovod tří obcí se nachází v okrese Brno-venkov, v Jihomoravském kraji, asi 30 km severozápadně od Brna, mezi městy Veverská Bítýška a Velká Bíteš. Prameniště se nachází v lesích v blízkosti Bílého potoka a Malná. Leží zhruba 310 m n. m..



Obrázek 10 Zjednodušené schéma SV A

Počáteční investice do vodovodního systému se datuje už od roku 1990, která zahrnovala vybudování 3 ks jímacích zářezů se sběrnými šachtami. Účelem bylo přivést kvalitní vodu do tří obcí, které trpěly nedostatkem kvalitní pitné vody a vybudování rozvodných vodovodních sítí v obcích. [19]

V dnešní době je skupinový vodovod vystavěn a plně funkční ve všech třech obcích. Zdroj vody je podzemní a jeho jímání je zajištěno zářezy a sběrnými studnami, ze kterých se voda dopravuje gravitačně do sběrné jímky a poté do akumulace u čerpací stanice v prameništi.





**Obrázek 11 Svah s jímacími zářezy**



**Obrázek 12 Sběrná studna**



Obrázek 13 Sběrná studna - pohled dovnitř

Z čerpací stanice je voda výtlačným řadem dopravena do řídicího vodojemu B ( $2 \times 150 \text{ m}^3$ ), ležící nad jednou ze tří obcí. Gravitačně je pak voda dopravena do menšího vodojemu A ( $100 \text{ m}^3$ ) u další z obcí, který zajišťuje přívod vody zásobovacím řadem do této obec. Odbočkou na přívodním řadu z tohoto vodojemu se zásobuje pitnou vodou i druhá obec (B). Poslední z obcí (C) je zásobena přívodním řadem z řídicího vodojemu B, v němž je umístěna úprava vody chlorováním.

Ve všech třech obcích je vybudovaná kompletní vodovodní síť.

Hlavní části skupinového vodovodu [19]:

- Čerpací stanice ( $Q = 12 \text{ l/s}$ ) s akumulací ( $150 \text{ m}^3$ )
- Vodojem B ( $2 \times 150 \text{ m}^3$ )
- Vodojem A ( $100 \text{ m}^3$ )
- Zásobovací řad a rozvodná síť A
- Přívodná síť C
- Rozvodná síť B

Součástí skupinového vodovodu jako stavby jsou nejen výše uvedené hlavní objekty, ale i ostatní drobné objekty jako jsou například příjezdové cesty, oplocení, odpady z čerpací stanice a vodojemů, přípojky NN, trafostanice apod.

V další kapitole si hlavní objekty trochu přiblížíme.



## 7.1 HLAVNÍ OBJEKTY SKUPINOVÉHO VODOVODU

### Čerpací stanice s akumulací 150m<sup>3</sup>

Jedná se o jednopodlažní zděnou budovu, přímo sousedící s budovou armaturní komory. ČS je rozdělena na dvě části, a to na část strojovny a elektrorozvodnou část. Hlavním úkolem čerpací stanice je doprava vody přečerpáním z akumulární nádrže (150 m<sup>3</sup>) do řídicího vodojemu B (2 x 150 m<sup>3</sup>).

Doprava vody z akumulace do vodojemu je zajištěna dvěma čerpadly, z čehož jedno čerpadlo je provozní a druhé rezervní. Pro montáž a demontáž čerpadel je na I profilu osazena kočka s kladkostrojem.

Výtlačný řad je před účinky vodního rázu chráněn tlakovou nádobou (objem 1,92 m<sup>3</sup>, PN 2,5 MPa [19]), která je na výtlačný řad připojena přes krátkou odbočku. Protirázová ochrana je zařízení, které tlumí vodní rázy při vypnutí čerpadel. Je využíváno tlumícího účinku vzduchového polštáře v tlakové nádobě. [17]



Obrázek 14 Budova ČS s přilehlou akumulací



**Obrázek 15 Zemní nádrž vodojemu**



**Obrázek 16 Rozvodná část čerpací stanice**



**Obrázek 17 Rezervní čerpadlo**



**Obrázek 18 Provozní čerpadlo**





**Obrázek 19 Tlaková nádoba ( protirázová ochrana)**



**Obrázek 20 Vstupní dveře do komory vodojemu**

Je navržena jedna *akumulační nádrž* velikosti 150m<sup>3</sup> vedle níž je umístěna dvoupodlažní armaturní komora. Mezi armaturní komorou a akumulací nádrží jsou osazeny vzduchotěsné dveře, aby se zamezilo vnikání prachu do nádrže, s pitnou vodou. Vlastní akumulací nádrž je prefabrikovaná kruhová. [19] Typy potrubí podle funkcí v akumulaci jsou přírodní, odběrné, přelivné a výpustní potrubí.

*Čištění* vodojemu je umožněno připojením hadice na ventil pro odběr vzorků. Provádí se jednou ročně.

*Odpad* z čerpací stanice řeší odvedení odpadních vod z objektu vodojemu a čerpací stanice.

*Výtlačný řad* slouží k dopravě vody z čerpací stanice s akumulací 150 m<sup>3</sup> v prameništi do řídicího vodojemu 2 x 150 m<sup>3</sup> B. Trasa potrubí vede přes lesní porost, podél lesních asfaltových a polních cest, okrajem polních pozemků až k řídicímu vodojemu. Na lomech potrubí jsou provedeny betonové zajišťovací bloky.

### **Řídicí vodojem 2 x 150 m<sup>3</sup> B**

Jsou navrženy dvě akumulací nádrže, mezi něž je situována armaturní komora. Ta je rozdělena na dvě podlaží. Zvenku je přístup do armaturní komory a dávkovny po schodišti. Dále jsou zde přístupy do akumulací nádrží, a to po žebříku a vzduchotěsnými dveřmi. Z přízemí je přístup do suterénu po ocelovém schodišti. V přízemí je též umístěna místnost chlorovny. Ta je přístupná zvenku samostatnými dveřmi. Podlahu má z kyselinovzdorných dlaždic, stěny jsou obloženy keramickým obkladem. Akumulací nádrže jsou prefabrikované ze stěnových panelů, stropy ze segmentových panelů, dno je monolitické ze železobetonu a je vyspádováno spádovým betonem k odběrné jímce. [19] Nádrže jsou obsypány zeminou, částečně též je zasypána armaturní komora. Celková vrstva zeminy nad nádržemi je 300 - 350 mm. Po celé ploše násypu je rozprostřena vrstva humózní hlíny v tl. 100 mm. [19]

*Potrubí* v armaturní komoře je převážně litinové, ocelové jsou pouze prostupy do nádrží a ČS, měrná trouba a atypické tvarovky. Potrubí i armatury jsou umístěny v suterénu armaturní komory. Typy potrubí podle funkcí v akumulaci jsou přírodní, odběrné, přelivné a výpustní potrubí. Měrná trouba slouží k měření stavu hladiny ve vodojemu.



**Obrázek 21 Zemní vodojem s armaturní komorou**



**Obrázek 22 Potrubí v armaturní komoře s měrnou troubou**



Čištění vodojemu je umožněno připojením hadice na ventil pro odběr vzorků. Provádí se jednou za rok.

Odpad z vodojemu řeší odvedení odpadních vod z objektu.

Oplocení řídicího vodojemu vymezuje ochranné pásmo I. stupně. Oplocení je provedeno z pozinkovaného ocelového výplňového pletiva výšky 1,6 m, a to do železobetonových sloupků plotových. V horní části plotu jsou nataženy 2 vrstvy pozinkovaného ostnatého drátu. [19]

Dezinfekce vody je zajištěna dávkováním 12,3% kapalným chlornanem sodným (dále jen „chlór“). Chlór se do vodojemu dopravuje v 50l barelech. Skladuje se v přilehlé místnosti s názvem „chlorovna“. Kontakt signalizace minimálního obsahu chlóru v barelu je signalizován akusticky houkačkou s přerušovaným tónem a do rozvaděče, kde je signál napojen na dispečink. Dále je chlór veden do rotametru, kde se nastaví požadovaná dávka chlóru a do injektoru, který uvádí chlorování do činnosti. [18] [19]



**Obrázek 23 Chlorovací zařízení**

### **Vodovod A**

Přívodný řad do vodojemu A slouží ke gravitační dopravě vody z řídicího vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup> do vodojemu A 100 m<sup>3</sup>. Trasa přívodného řadu je situována od řídicího vodojemu v poli a podél polní cesty, kříží asfaltovou polní cestu a je ukončena v manipulační komoře vodojemu A 100 m<sup>3</sup>. Na lomech potrubí jsou provedeny betonové zajišťovací bloky.

#### **Vodojem A 100 m<sup>3</sup>**

Je navržena jedna kruhová prefabrikovaná *akumulační nádrž* s manipulační komorou o dvou podlažích. Nádrž a částečně i manipulační komora je obsypána zeminou. Potrubí v manipulační komoře je litinové. Typy potrubí podle funkcí v akumulaci jsou přívodní, odběrné, přelivné a výpustní potrubí.

Oplocení vodojemu A 100 m<sup>3</sup> vymezuje ochranné pásmo I. stupně. Vlastní oplocení je navrženo z pozinkovaného ocelového výplňového pletiva výšky 1,6 m, a to do železobetonových sloupků plotových. V horní části plotu jsou nataženy 2 vrstvy pozinkovaného ostnatého drátu. [19]

*Odpad* z vodojemu řeší odvedení odpadních vod z objektu vodojemu. Odpad je vyveden z manipulační komory a zaústěn na polní cestu.

#### **Zásobovací řad A**

*Zásobovací řad A* řeší přívod vody z vodojemu A 100 m<sup>3</sup> k obci A. Vychází z vodojemu A 100 m<sup>3</sup> a je napojen na rozvodnou síť v obci. Na lomech jsou provedeny betonové zajišťovací bloky.

#### **Rozvodná vodovodní síť A**

*Rozvodná vodovodní síť* řeší rozvod vodovodu po obci A. Na lomech potrubí jsou provedeny betonové zajišťovací bloky. Pro požární zabezpečení, odvětrání a odkalení jsou na síti osazeny podzemní hydranty.

#### **Přívodný řad C**

Zásobovací řad C slouží ke gravitačnímu zásobování stávající rozvodné vodovodní sítě v obci C z řídicího vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup>. Trasa zásobovacího řadu je situována od řídicího vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup> přes pole ke státní silnici B – C a podél ní v poli až na okraj obce C, kde je navrhovaný zásobovací řad propojen na stávající vodovod v obci C. [19]

#### **Rozvodná vodovodní síť B**

Stavební objekt řeší vodovodní rozvodnou síť v obci B, od připojení na zásobovací řad. Tento stavební objekt navazuje na zásobní řad z vodojemu u obce C.

## **7.2 POPIS ŘÍZENÍ VODOVODU**

Skupinový vodovod A se skládá ze čtyř samostatně provozovatelných celků [19]:

- Jímací území s čerpáním do řídicího vodojemu 2 x 150 m<sup>3</sup> B.

- Vodovod A s přívodným řadem, vodojemem A 100 m<sup>3</sup> zásobovacím řadem a rozvodnou sítí v obci A.
- Rozvodná vodovodní sít v obci B.
- Přívodný řad do obce C.

### **7.3 MĚŘENÍ PRŮTOKŮ**

Průtoky jsou měřeny vodoměry osazenými na [19]:

- výtlaku ze sběrné jímky do akumulace v manipulační komoře akumulace 150 m<sup>3</sup>
- nátoku čerpadel dopravujících vodu do řídicího vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup> v manipulační komoře akumulace 150 m<sup>3</sup>
- přívodných řadech do vodojemu A a do C v manipulační komoře vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup> a na přítoku ve vodojemu 100 m<sup>3</sup> A
- zásobovacím řadu do obce A v manipulační komoře vodojemu 100 m<sup>3</sup> A
- zásobovacím řadu do obce B ve vodoměrné šachtě na odbočce z přívodního řadu do vodojemu 100 m<sup>3</sup> A

### **7.4 MĚŘENÍ VÝŠEK HLADIN**

Výšky hladin vody v akumulaci a vodojemech jsou měřeny:

- v akumulaci 150 m<sup>3</sup>
- ve vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup>

### **7.5 MÍSTA PRO ODBĚR VZORKŮ VODY PRO KONTROLU JEJÍ JAKOSTI**

Odběry vzorků vody pro kontrolu její jakosti jsou provedeny [19]:

- v manipulační komoře akumulace 150 m<sup>3</sup> na přítoku do akumulace a na společném sání čerpadel
- na přítoku a odběrech v manipulační komoře vodojemu B 2 x 150 m<sup>3</sup>
- na přítoku a odběru v manipulační komoře vodojemu 1 x 100 m<sup>3</sup> A
- v rozvodné vodovodní síti z přípojky vody pro veřejné budovy (škola, obecní úřad, mateřská škola, obchod apod.) ve všech třech obcích.

## 8 APLIKACE RIZIKOVÝCH ANALÝZ

### 8.1 WATERRISK

Pomocí aplikace WaterRisk byla provedena riziková analýza Skupinového vodovodu A. Cílem analýzy je vyhodnocení analýzy četností a následků na daném skupinovém vodovodu.

Riziková analýza je provedena v metodice komplexní. Výběr lokality vodovodu byl podle základních požadavků (počet přípojek, délka řadu, počet zásobovaných obyvatel) zadán provozovateli vodovodů a kanalizací, který následně navrhl tento skupinový vodovod.

Data použitá k provedené analýze:

- Konzultace s provozním technikem
- Fyzická prohlídka lokality a objektů
- Rozbory surové vody za posledních 5 let
- Záznamy spotřeby vody za posledních 5 let
- Provozní řád
- Vodohospodářská mapa povodí

Z důvodu velkého množství jednotlivých dílčích kroků jsou do diplomové práce vloženy pouze některé výstupy aplikace WaterRisk. V jednotlivých následujících podkapitolách budou vyneseny stěžejní body aplikace. Kompletní výstup z aplikace WaterRisk je k nahlédnutí v příloze diplomové práce (viz. Příloha B).

#### 8.1.1 Základní údaje o projektu



##### Základní údaje projektu

Název projektu	Riziková analýza veřejného vodo	
ID projektu	SV A	
Název vodovodu	Skupinový vodovod A	
Počet obyvatel bydlících v oblasti	1406	počet
Počet zásobovaných obyvatel	1289	počet
Objem vody vyrobené k realizaci	45800	m <sup>3</sup> /rok
Popis	Diplomová práce na Ústavu soudního inženýrství, VUT v Brně. Analýza a řízení rizik veřejného vodovodu	
Kraj	Kraj Jihomoravský	
Obec	A, B a C.	
	Uložit	

Složitost systému: **Komplexní**

Zvolená metodika RA: **Komplexní**

Obrázek 24 WR - Základní údaje projektu [7]

## 8.1.2 Evidence majetku



### Evidence majetku

Vodní zdroje

Úprava vody

Distribuce vody

#### Vodní zdroje

##### Vodní zdroje – vlastní

Podzemní zdroje	<input type="text" value="1"/>	počet
Povrchové zdroje	<input type="text" value="0"/>	počet
Smíšené zdroje podzemní a povrchové vody	<input type="text" value="0"/>	počet

##### Převzatá voda

Podzemní zdroje	<input type="text" value="0"/>	počet
Povrchové zdroje	<input type="text" value="0"/>	počet
Smíšené zdroje podzemní vody a povrchové vody	<input type="text" value="0"/>	počet

<b>Využitelná kapacita zdrojů</b>	<input type="text" value="4"/>	l/s
z toho podzemní zdroje	<input type="text" value="4"/>	l/s
	<input type="button" value="Uložit"/>	

Obrázek 25 WR - Evidence majetku [7]

#### Úprava vody

Počet úpraven vody	<input type="text" value="1"/>	počet
Využitelná kapacita úpraven vody	<input type="text" value="4"/>	l/s

##### Použité technologie úpravy vody

Dezinfekce	<input checked="" type="checkbox"/>
Odkyselování filtrací	<input type="checkbox"/>
Provozdušňování	<input type="checkbox"/>

Obrázek 26 WR - Základní údaje projektu, úprava vody [7]

## Distribuce vody

### Vodovodní řady

Celková délka 16896 m

#### Profil

do DN100	7963	m
od DN101 do DN300	8933	m
od DN301 do DN500	0	m
větší než DN500	0	m

**Trubní materiál** 16896 m

kovové	1833	m
plastové	15063	m
jiné	0	m
Vodovodní přípojky	487	počet
Vodoměry	487	počet
Čerpací stanice	1	počet
Samostatná tlaková pásma	1	počet
Vodojemy	2	počet
Celkový objem vodojemů	400	m <sup>3</sup>
Uložit		

Obrázek 27 WR - Základní údaje projektu, distribuce vody [7]

### 8.1.3 Volba metodiky

Jak bylo již řečeno, byla vybrána lokalita, která je sice na rozhraní metody jednoduché a komplexní, ale pro naše účely jsme vybrali metodu komplexní.



#### Volba metodiky

Kritérium	Tento SZV	Hranice	
Počet zásobovaných obyvatel	1 289	0 až 2 000 2 001 a více	<b>Jednoduchý</b> Komplexní
Počet přípojek	487	0 až 500 501 a více	<b>Jednoduchý</b> Komplexní
Délka sítě [m]	16 896	0 až 10 000 10 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Objem vody vyrobené k realizaci [m <sup>3</sup> /rok]	45 800	0 až 75 000 75 001 a více	<b>Jednoduchý</b> Komplexní
Složitost použité technologie úpravy vody			Jednoduchý <b>Komplexní</b>

Vyhodnocením kritérií by měl být systém dále analyzován jako

**Komplexní**

Zvolte metodiku, kterou chcete analyzovat rizika tohoto systému

Komplexní

Uložit

Obrázek 28 WR - volba metodiky [7]

### 8.1.4 Deskripce systému



#### Deskripce systému

Přehled

Vodní zdroje

Úprava vody

Distribuce vody

Tlaková pásma

#### Přehled

Prvek	Evidence majetku	Deskripce systému
<b>Vodní zdroje celkem:</b>	1	1
<i>Podzemní:</i>	1	1
<i>Povrchový:</i>	0	0
<b>Úpravny vody:</b>	1	1
<b>Distribuce:</b>		
<i>Vodojemy:</i>	2	2
<i>Čerpací stanice:</i>	1	1
<b>Samostatná tlaková pásma:</b>	1	1

Byl dosažen soulad v evidenci majetku a deskripci systému.

Obrázek 29 WR -Deskripce systému [7]



#### Deskripce systému

Přehled

Vodní zdroje

Úprava vody

Distribuce vody

Tlaková pásma

#### Vodní zdroje



Jímací zářezy se sběrnými studnami  
(JZ)

Název	Jímací zářezy se sběrnými studn	(Podzemní vodní zdroj)
Označení/Kód	JZ	
IČME		
Popis	Doprava vody z jímacího území je ze sběrných studní gravitačně samostatným přírodním řadem do sběrné jímky 10 m <sup>3</sup> , odkud je voda přečerpána do akumulace 150 m <sup>3</sup> u čerpací stanice v prameništi.	
Rok výstavby	1990	

Obrázek 30 WR - Deskripce systému, jímací zářezy [7]



### Úprava vody



#### Dezinfekce chlórem ve vodojemu B (CL VDJ B)

Název	Dezinfekce chlórem ve vodojemu	(Úpravna vody)
Označení/Kód	CL VDJ B	
IČME		
Popis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desinfekce vody je zajištěna dávkováním chlóru.</li> <li>- Skladuje se v malé chlorovně.</li> <li>- Dávka chlóru je cca 5l/40l.</li> </ul>	

Obrázek 31 Deskripce systému, dezinfekce [7]

### Distribuce vody



- Vodjem A (VDJ A)
- Vodjem B (VDJ B)
- Čerpací stanice s akumulací (ČS)
- Skupinový vodovod A (SV A)

Název	Vodjem A	(Vodjem)
Označení/Kód	VDJ A	
IČME		
Popis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zemní vodjem o akumulaci 100 m<sup>3</sup></li> <li>- Kóta přepadu: 483 m n. m.</li> <li>- Vodní sloupec: 3,3 m</li> </ul>	
Rok výstavby	1996	

Obrázek 32 Deskripce systému, vodjem A [7]

Název	Vodjem B	(Vodjem)
Označení/Kód	VDJ B	
IČME		
Popis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zemní vodjem o akumulaci 2 x 150 m<sup>3</sup></li> <li>- Kóta přepadu: 516 m n. m.</li> <li>- Vodní sloupec: 3,3 m</li> </ul>	
Rok výstavby	1996	
Název	Čerpací stanice s akumulací	(Čerpací stanice)
Označení/Kód	ČS	
IČME		
Popis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Budova ČS přímo sousedí s budovou armaturní komory.</li> <li>- Je to jednopodlažní budova, která je uvnitř rozdělena na dvě části. První slouží jako elektrorozvodná a druhá jako strojovna ČS.</li> <li>- Čerpací stanice zabezpečuje přečerpávání vody z akumulační nádrže 1 x 150 m<sup>3</sup> do řídicího vodojemu 2 x 150 m<sup>3</sup> u obce B.</li> </ul>	

Obrázek 33 Deskripce systému, vodjem B [7]



Název	Skupinový vodovod A	(Vodovodní síť)
Označení/Kód	SV A	
IČME		
Popis	Skupinový vodovod A se skládá ze čtyř samostatně provozovatelných celků: 1) Jímací území s čerpáním do řídicího vodojemu 2 x 150 m <sup>3</sup> B. 2) Vodovod A s přívodným řadem, vodojemem A 100 m <sup>3</sup> zásobovacím řadem a rozvodnou sítí v obci A. 3) Rozvodná vodovodní síť v obci B. 4) Přívodný řad do obce C	
Rok výstavby	1960-	

Obrázek 34 Deskripce systému, vodovodní síť [7]

Přehled	Vodní zdroje	Úprava vody	Distribuce vody	Tlaková pásma
---------	--------------	-------------	-----------------	---------------

Název	Tlakové pásmo 1
Kód	TP 1

Obrázek 35 Deskripce systému, tlakové pásmo [7]

### 8.1.5 Identifikace nebezpečí

Pro všechny tři části vodovodního systému (vodní zdroje, úprava vody, distribuce vody) jsou vyplněny připravené seznamy nebezpečí, které jsou rozděleny podle původu na přírodní, společenská, technická technologická.

Kompletní Identifikaci nebezpečí je možno nalézt v příloze B.

#### Přírodní nebezpečí

1.21	Prorůstající kořeny stromů a keřů	Nedodržení ochranných pásem od konstrukcí (zákon č. 274/2001 Sb.)	V násypu vodojemu rostou stromy či keře; v ochranném pásmu vodovodního potrubí rostou stromy či keře	Narušení spojů potrubí; rozrušení podzemních částí staveb (studny, vodojemy, atd.); poškození stavebních konstrukcí; snížení hydraulické kapacity potrubí a tlaku; zhoršování mikrobiologických ukazatelů pitné vody; kontaminace vody v potrubí; porucha vodovodního řadu s přerušením dodávky vody;	● ○ ○
------	-----------------------------------	---	--	---	-------

Obrázek 36 Identifikace nebezpečí - přírodní nebezpečí [7]

Ve svahu nad jímacími zářezy rostou stromy a mohou prorůst do uložené děrované trouby. Trasa výtlačného řadu prochází přes lesní porost a může být tedy narušen prorůstáním kořenů stromů.

## Společenská nebezpečí

2.15	Vandalismus, krádež, vloupání	Náhodný neodborný útok zvenčí	Objekt není ani oplocen ani elektronicky zabezpečen – vyskytují se projevy vandalismu; vstupní dveře z málo odolného materiálu (plast, dřevo)	Poškození zařízení; porušení stavební konstrukce objektů; zhoršení kvality a/nebo množství dodávané vody; porucha dávkování chemikálií; porucha dávkování dezinfekce; porucha čerpacího agregátu; kontaminace pitné vody v akumulační nádrži	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
------	-------------------------------	-------------------------------	---	--	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 37 Identifikace nebezpečí - vandalismus [7]**

Na obou vodojemech A i B se v minulosti objevily znaky vandalismus, naštěstí jen na vnějších částech objektů (porušení mřížky větracího otvoru, pohození odpadního materiálu, narušení oplocení obektu).

Objekty jsou řádně oploceny, vstupní dveře jsou z ocele a nedávno zde byly nainstalovány atrapy bezpečnostních kamer, které významně pohy proti dalším pokusům o vandalismus a neoprávněné vniknutí na pozemek.

2.16	Nevhodné krajinné hospodářství	Zhoršení srážko-odtokového procesu	Vyčerpání vodního zdroje; zhoršení kvality surové vody	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
------	--------------------------------	------------------------------------	--	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 38 Identifikace nebezpečí - nevhodné krajinné hospodářství [7]**

Ve svahu nad jímacími objekty a v blízkém okolí rostou stromy a jiné lesní porosty. Ocelové materiály však neprorostou.

2.18	Zemědělské znečištění	Živočišná či rostlinná výroba	V povodí vodního zdroje probíhá živočišná či rostlinná zemědělská výroba	Kontaminace vodního zdroje (pesticidy, fungicidy, ropné látky, dusíkatá hnojiva, organické látky, mikrobiologie); zhoršování kvality surové vody ve zdroji; eutrofizace povrchových vodních zdrojů;	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
------	-----------------------	-------------------------------	--	---	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 39 Identifikace nebezpečí - zemědělské znečištění [7]**

V blízkém okolí vodního zdroje se nachází zemědělská činnost, která by mohla způsobovat zvýšený obsah dusičnanů ve zdroji.

## Technické a technologické nebezpečí

3.01	Porucha dodávky elektrické energie		Absence záložního zdroje + časté výpadky dodávky elektrické energie	Přerušení dodávky vody; nedostatečná hydraulická kapacita potrubí nebo tlak; zhoršení chuti, pachu nebo teploty dopravované vody (u ČS); nedostatečná účinnost úpravy vody v ukazatelích MH nebo NMH; porucha dávkování chemikálií; porucha dávkování dezinfekce	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
------	------------------------------------	--	---	--	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 40 Identifikace nebezpečí - porucha dodávky el. energie [7]**

Na počátku roku 2015, díky vnějším vlivům počasí, nastal dlouhodobý výpadek elektrické energie. Přilehlé elektrické vedení u ČS v prameništi bylo díky námraze na vedení bez proudu. Provozovatel tohoto vedení upozornil vodárenskou společnost na několikadenní výpadek energie, z důvodu primárního zprovoznění u menších odběratelů v Brně a okolí. Vodárenská společnost musela po dobu čtyř dnů nahradit přísun el. energie vypůjčeným agregátem přivezeným přímo na ČS.

Tento výpadek ovlivnil také telekomunikaci a elektrické zařízení na systému (viz. 3.02 Porucha telekomunikačních sítí, IT, porucha telemetrie).

Porucha	Přerušení spojení,	Systém závislý na			
3.02 telekomunikačních sítí, IT, porucha telemetrie	řízení	centrálním řízení + časté výpadky spojení	Přerušení dodávky vody	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Obrázek 41 Identifikace nebezpečí - porucha IT [7]**

3.04 Porucha měřidel	Stáří měřidel > 25 let; neprovádí se pravidelná kalibrace	Přerušení dodávky vody; zhoršení kvality vody; porucha čerpacího agregátu;	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
----------------------	---	--	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 42 Identifikace nebezpečí - porucha měřidel [7]**

Měřicí zařízení, jsou pravidelně kontrolována, ale jejich výměna je provedena až při jejich porušení či nefunkčnosti.

3.08 Mechanická závada	Mechanická závada zařízení, zablokování, vplavení cizího předmětu	Uzavírací armatura netěsní, je zřetelný průtok vody. Vyvinutí maximální síly na dotažení bez odezvy, došlo k mechanickému poškození armatury, armatura je zarezlá či nefunkční	Nedostatečná hydraulická kapacita potrubí nebo tlak; nedostatečná účinnost úpravy vody v ukazatelích MH nebo NMH; zhoršení kvality vody; porušení stavební konstrukce objektů; porucha dávkování chemikálií; porucha dávkování dezinfekce; porucha armatury; vznik vodního rázu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
------------------------	---	--	---	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

**Obrázek 43 Identifikace nebezpečí - mechanická závada [7]**

Na vodovodní síti jsou mechanické závady pouze na uzavěrech na odbočení nebo na přípojce. Způsobeno je to materiálovým provedením ventilu v minulosti.

#### 8.1.6 Analýza rizik

Vygenerované možné nežádoucí stavy pro distribuci vody v aplikaci WaterRisk. Podtrženy jsou výsledné nežádoucí stavy, které jsou systémem vyhodnoceny stupněm K1 a poté níže blíže popsány i s možnými následky.

- **Jímací zářezy se sběrnými studnami**

NS\_101 Zhoršování kvality surové vody

NS\_103 Kontaminace surové vody chemickým znečištěním

NS\_104 Kontaminace surové vody mikrobiologickým znečištěním

NS\_105 Nedostatečná kapacita, přetížení zdroje

- **Dezinfekce chlórem ve vodojemu B**

NS\_201 Nedostatečný výkon úpravny vody

NS\_202 Porucha dávkování chemikálií

NS\_203 Nedostatečná účinnost úpravy v mikrobiolog. a biolog. ukazatelích

NS\_204 Nedostatečná účinnost úpravy ve fyzikálních, chem. a organoleptických ukazatelích

NS\_207 Porucha dávkování dezinfekce

- **Vodojem A a B**

DNS\_307 Porušení / destrukce stavební konstrukce manipulační komory vodojemu

NS\_301 Porušení / destrukce stavební konstrukce akumulární nádrže vodojemu

NS\_302 Zhoršení kvality pitné vody v akumulární nádrži vodojemu

NS\_303 Akumulace sedimentů na dně akumulární nádrže vodojemu

NS\_305 Porucha dávkování dezinfekce

NS\_306 Kontaminace pitné vody v akumulární nádrži vodojemu

- **Čerpací stanice s akumulací**

NS\_309 Zhoršení kvality pitné vody v akumulární nádrži ČS

NS\_310 Kontaminace pitné vody v akumulární nádrži ČS

NS\_311 Akumulace sedimentů na dně akumulární nádrže ČS

- **Skupinový vodovod A**

DNS\_338 Tvorba biofilmů

DNS\_339 Tvorba inkrustů – plošné vyhodnocení

DNS\_340 Koroze kovových potrubí

NS\_328 Porucha řadu s přerušáním dodávky vody – plošné vyhodnocení

NS\_332 Zhoršení chuti, pachu nebo teploty dopravované vody

NS\_336 Nedostatečná hydraulická kapacita sítě

NS\_344 Porucha uzavírací armatury - šoupě – plošné vyhodnocení

Výsledná matice rizik s jednotlivými dílčími oblastmi:

Hodnotící stupeň		Následky		
		C1	C2	C3
Pravděpodobnost	P1	0 / 0 / 6 K1 - zanedbatelné	0 / 0 / 0 K2 - nízké	0 / 0 / 0 K3 - střední
	P2	0 / 0 / 0 K2 - nízké	0 / 0 / 0 K3 - střední	0 / 0 / 0 K4 - vysoké
	P3	0 / 0 / 0 K3 - střední	0 / 0 / 0 K4 - vysoké	0 / 0 / 0 K5 - velmi vysoké

Obrázek 44 matice rizik pro komplexní metodu [7]

Prvek	NS	Pravděpodobnost	Následky	Riziko	Nejistota	Časová platnost	Stav
Vodojem B	NS_306	P1	C1	K1	15 %	05/2017	100 %
Vodojem A	NS_306	P1	C1	K1	15 %	04/2017	100 %
Skupinový vodovod A	DNS_339	P1	C1	K1	16 %	04/2017	100 %
Skupinový vodovod A	DNS_340	P1	C1	K1	19 %	04/2016	100 %
Skupinový vodovod A	NS_328	P1	C1	K1	20 %	04/2017	100 %
Skupinový vodovod A	NS_344	P1	C1	K1	19 %	05/2020	100 %

Obrázek 45 Seznam nežádoucích stavů [7]

Výsledná matice rizik ukazuje, že rizika Skupinového vodovodu A jsou vyhodnocena jako zanedbatelná – K1, což znamená, že následky jsou ohodnoceny jako C1 a pravděpodobnost jako P1. Všech šest nežádoucích stavů je níže popsáno a ohodnoceno i s následky.

#### *Vodojem B*

Pro vodojem B se jedná o nežádoucí stav NS\_306 Kontaminace pitné vody v akumulární nádrži vodojemu, způsobený možnými riziky:

- F3 Úmyslná kontaminace - V minulosti byl na objektu zaznamenán vandalismus, vždy ale pouze na vnějších objektech. Bodové skóre 1.
- F4 Přístup hlodavců, ptáků a malých savců - Nález uhynulého ptáka v objektu, vniknutí živočicha napomohla odstraněná mřížka z větracího otvoru vandaly. Ohodnoceno bodovým skóre 2.

Následky byly hodnoceny jako C0 nevýznamné, až na C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, které byly ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin (standardní opravy vodovodních řadů).

#### *Vodojem A*

Pro vodojem A se stejně jako u vodojemu B jedná o nežádoucí stav NS\_306 Kontaminace pitné vody v akumulární nádrži vodojemu, způsobený možnými riziky:

- F3 Úmyslná kontaminace - V minulosti byl na objektu zaznamenán vandalismus, vždy ale pouze na vnějších objektech. Bodové skóre 1.

Následky byly hodnoceny (stejně jako u vodojemu B) jako C0 nevýznamné, až na C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, které byly ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin (standardní opravy vodovodních řadů).

#### *Skupinový vodovod A*

V části vodovodní sítě se objevily hned čtyři nežádoucí stavy:

#### DNS\_339 Tvorba inkrustů – plošné vyhodnocení

- F2 Četnost čištění a prohlídek - Čištění potrubí prováděno méně jak 1x za 1 rok, monitoring sítě není prováděn, protáčení šoupát či jiná manipulace s armaturami v intervalu cca 1x za 18 měsíců.

Následky byly hodnoceny (stejně jako u vodojemů) jako C0 nevýznamné, až na C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, které byly ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin (standardní opravy/údržby vodovodních řadů).

#### DNS\_340 Koroze kovových potrubí

- F2 Vlastnosti dopravované vody - pH 6,5-9,5 (v našem případě na tomto konkrétním vodovodu se jedná o pH 7-8).
- F5 Údržba - Základní kontrola průsaku, armatur, atd. cca 1x za rok (kontrola armatur 1x za rok).

Následky ohodnocené jinak než C0 nevýznamné, byly:

- C<sub>EKON</sub> Ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Komplexní systém < 200 000 Kč.
- C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin.

#### NS\_328 Porucha řadu s přerušením dodávky vody – plošné vyhodnocení

- F4 Vnější vlivy a nevhodné návrhové parametry - 5 až 30 % z celkové délky vodovodní sítě je ovlivněno alespoň jedním z následujících činitelů: potrubí uloženo ve vozovce, v jízdní stopě dopravních prostředků nebo v ochranném pásmu vodovodního potrubí rostou stromy a je pravděpodobné, že kořeny prorůstají spoji do potrubí.

Následky ohodnocené jinak než C0 nevýznamné, byly:

- C<sub>EKON</sub> Ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Komplexní systém < 200 000 Kč.
- C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin.

#### NS\_344 Porucha uzavírací armatury - šoupě – plošné vyhodnocení

- F1 Průměrné stáří, konstrukce a materiál použitý na výrobu armatur - Více než 50% armatur v síti bylo vyrobeno a osazeno mezi roky 1990 - 1995.
- F3 Nedostatečná či nevhodná údržba - Odhadem maximálně 10% armatur je nefunkční – nelze je otevřít, uzavřít, netěsní nebo se většina armatur používá přibližně 1x ročně.
- F4 Tvorba inkoustů - Pravděpodobnost tvorby inkrustů byla analýzou četností DNS 339\_Tvorba inkrustů ohodnocena kategorií P1.

Následky ohodnocené jinak než C0 nevýznamné, byly:

- C<sub>EKON</sub> Ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Komplexní systém < 200 000 Kč.
- C<sub>SOC</sub> Sociálně ekonomické následky, ohodnoceny stupněm C1 Nízké - Přerušení dodávky vody do 12 hodin.

### 8.1.7 Nápravné opatření a vyhodnocení výsledků

Jelikož bylo po ukončení analýzy rizik a jejím uložení zjištěno, že rizika vodovodního systému jsou vyhodnocena jako zanedbatelná – K1, tudíž se žádná nápravná opatření neprováděla. Je vidět, že systém v tomto stavu, jak je provozovaný, nevyžaduje žádná velká opatření a je provozován v podstatě bezproblémově. O tomto faktu jsem se přesvědčila i při bližší prohlídce a hlavně při komunikaci a konzultacích s provozními pracovníky. Celý přehled o výsledcích a údajích z analýzy WaterRisk je možné si prohlédnout v Příloze B.



**Vyhodnocení výsledků - nežádoucí stavy: Velmi nízké riziko**

#### Vodní zdroje

Prvek	NS	Počet nebezpečí	Riziko před	Počet nápravných opatření	Riziko po
-------	----	-----------------	-------------	---------------------------	-----------

#### Úprava vody

Prvek	NS	Počet nebezpečí	Riziko před	Počet nápravných opatření	Riziko po
-------	----	-----------------	-------------	---------------------------	-----------

#### Distribuční systém

Prvek	NS	Počet nebezpečí	Riziko před	Počet nápravných opatření	Riziko po
Vodojem B	NS_306	1	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření
Vodojem A	NS_306	1	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření
Skupinový vodovod A	DNS_339	2	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření
Skupinový vodovod A	DNS_340	1	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření
Skupinový vodovod A	NS_344	2	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření
Skupinový vodovod A	NS_328	2	K1	0	Nerealizováno žádné nápravné opatření

Obrázek 46 Vyhodnocení výsledků - nežádoucí stavy [7]

## 8.2 FMEA

Pomocí analýzy FMEA, byly ohodnoceny a posléze i eliminovány jednotlivá rizika z určitých oblastí původu, které ovlivňují dvě základní charakteristiky systému zásobování vodou, což jsou *kvalita vody* a *doprava vody* (tlak a objem dopravované vody), a v neposlední řadě i *bezpečnost pracovníků*. Do této analýzy byly, oproti programu WR, vybrána pouze reálná či v minulosti nastalá rizika systému. Stupnice pro ohodnocení byly vybrány tyto:

**Tabulka 1 Stupnice hodnocení pro analýzu FMEA**

<b>Závažnost</b>	
<i>Klasifikace (účinku)</i>	<i>Komentář</i>
5 nebezpečný	Velikost významu rizika je mimořádně závažná, odstavení či znehodnocení celého systému.
4 vysoký	Velikost významu rizika je závažná, je možné částečné ohrožení systému.
3 střední	Velikost významu rizika je středně závažná, je možné částečné ovlivnění systému.
2 nízký	Velikost významu rizika je málo závažná, neohrožuje systém.
1 nevýznamný	Velikost významu rizika je sotva postřehnutelná, neohrožuje plynulý chod systému.

<b>Odhalitelnost</b>	
<i>Klasifikace (odhalitelnosti)</i>	<i>Komentář</i>
5 téměř nemožné	Pravděpodobnost odhalení rizika je zcela nepředvídatelná.
4 nízké	Pravděpodobnost odhalení rizika je těžko předvídatelná.
3 střední	Pravděpodobnost odhalení rizika je těžko předvídatelná.
2 vysoké	Pravděpodobnost odhalení rizika je vysoká, opatření jsou známa a standardně používána.
1 téměř jisté	Pravděpodobnost odhalení rizika je velmi vysoká, opatření jsou známa a použitelná.

<b>Výskyt</b>	
<i>Klasifikace (pravděpodobnost výskytu)</i>	<i>Komentář</i>
5 velmi vysoká	Pravděpodobnost výskytu rizika je velmi vysoká. Je třeba bezodkladného řešení.
4 vysoká	Pravděpodobnost výskytu rizika je velká. Je třeba včasného řešení.
3 střední	Pravděpodobnost výskytu rizika je středně velká. Je třeba řešení, ale ne však naléhavě.
2 nízká	Pravděpodobnost výskytu rizika je z hlediska procesu velmi malá, potřeba řešení není naléhavá.
1 nepravděpodobná	Pravděpodobnost výskytu rizika je z hlediska procesu nevýznamná.

**V tabulce 2** (Jímací zářezy + ČS + akumulace) jsou vyhodnocena rizika vyskytující se pro část systému v prameništi. Z hlediska přírodního původu je nejzávažnějším rizikem zanesení nebo ucpání zářezů (001), které je ohodnoceno RPN= 36. Jako možné opatření je navrženo pravidelné čištění minimálně jednou ročně. V současnosti jsou zářezy bez pravidelného čištění, ale je zadána studie, jakým způsobem by bylo možné zářezy vyčistit.

Z oblasti společenských rizik je nejzávažnějším rizikem lidský faktor (006), který není lehké eliminovat, avšak důkladným proškolením BOZP a přesnou znalostí provozního a manipulačního řádu systému, je možné



toto riziko zmenšit z hodnoty RPN 48 na 24. Toto riziko je nejzávažnějším pro všechny tři analýzy FMEA, tudíž dále nebude již komentováno.

Nefungující armatura (004) je nejzávažnějším rizikem z pohledu technologického. Je možno toto riziko ošetřit pravidelnou kontrolou armatur, jednou za rok protáčením všech armatur a zahrnutím do plánu obnovy, což zmenší RPN z 32 až na hodnotu 9.

Pro zaměstnance je největším nebezpečím vyhodnoceno vylití čistidel (022) a pád do sběrné studny (024), které nesou stejné RPN= 24. Vhodnými ochrannými pomůckami, správnou pracovní obuví a hlavně důkladným proškolením a dodržením BOZP se může RPN zmenšit na hodnoty 8 a 9.

Analýza FMEA v **tabulce 3** je zaměřena na rizika vodojemu B a úpravy vody chlorováním, která se nachází v tomto vodojemu. Riziko vylití chlóru do půdy (026) je z hlediska enviromentu ohodnoceno hodnotou RPN= 32, školením a dodržení BOZP a manipulačního řádu je však možno RPN zmenšit na hodnotu 12.

Nejzávažnějším technologickým rizikem této analýzy je únik chlóru (021) s hodnotou RPN= 40. Nekontrolovatelný únik činidla do vody je možné eliminovat pouze pravidelnou kontrolou chloračního zařízení a jeho zařazením do plánu obnovy, čímž se hodnota RPN zmenší až na hodnotu 12.

Z hlediska bezpečnosti pracovníků jsou nejzávažnějšími riziky přijít do styku s chlórem (025) a vylití čistidel (022), které mají hodnotu 24. Používáním vhodných ochranných pomůcek a hlavně důkladným proškolením a dodržením BOZP se může RPN zmenšit na hodnoty 6 a 8.

V poslední analýze FMEA v **tabulce 4** jsem se zaměřila na rizika rozvodné vodovodní sítě v obci, kde jako nejhorší riziko přírodního původu je vyhodnoceno promrznutí zeminy (028), které může způsobit poruchu potrubí, pokud potrubí není uložené v nezamrzné hloubce, či není uloženo v chrániče. Tato opatření sníží hodnotu rizika z 32 na 12.

Z hlediska společenského nebezpečí je nejvýznamnějším rizikem lidský faktor, který zde byl již popsán. O něco méně ohodnocené, avšak ne méně závažné jsou rizika spojená s neodborným fyzickým zásahem odběratele do sítě (015) a stavebních prací v blízkosti objektu (016), které nesou hodnotu RPN= 40. Pokud však vodárenská společnost nepodcení informovanost veřejnosti a vždy před zasypáním výkopu budou přizvání k posouzení, je možné RPN snížit na hodnotu 12.

Z hlediska bezpečnosti je pro rizika při opravách na rozvodné síti nejzávažnější kolize se strojem (032), čemuž se dá předejít hlavně důkladným proškolením a dodržením BOZP, ale také jednoduše zvýšenou obezřetností. Tím se může hodnota RPN snížit z hodnoty 40 na 18.

Tabulka 2 Analýza FMEA pro část systému v prameništi

Funkce procesu/dílu	Označení rizika	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Možná příčina (y) / mechanismus (y) vady	Výskyt	Body	RPN	RPN > 8	Doporučená opatření	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Výskyt	Body	RPN
Přírodní	001	ucpání/zanesení zářezů	zmenšení průtočné kapacity	vysoký	4	střední	3	nedostatečná údržba zářezů	střední	3	36	ano	údržba min. 1 za rok	nízký	2	vysoké	2	nízká	2	8
	002	zvýšený obsah dusičnanů/ pesticidů	překročení mezních hodnot	vysoký	4	střední	3	blízká zemědělská činnost	nízká	2	24	ano	pravidelné odebírání vzorků surové vody, předúprava vody	vysoký	4	vysoké	2	nízká	2	16
	010	změna srážko-odtokových poměrů	snížení kapacity zdroje vody	nízký	2	střední	3	nevhodné krajinné hospodářství	nízká	2	12	ano	kontrola a konzultace krajinného hospodářství s majiteli pozemků s funkcí lesa	nízký	2	vysoké	2	nízká	2	8
Společenská	003	vandalismus	vnější poškození objektu	nízký	2	nízké	4	nedostatečné zabezpečení ochranného pásma	vysoká	4	32	ano	instalace maket bezpečnostních kamer na budově	nízký	2	nízké	4	nízká	2	16
	006	lidský faktor	např. nezavření dveří (vandalismus, vnik živočichů, atd.)	střední	3	nízké	4	nedodržení BOZP, provozního a manipulačního řádu	vysoká	4	48	ano	školení/dodržení BOZP, znalost provozního a manipulačního řádu	nízký	2	nízké	4	střední	3	24
	007	nedostatečná údržba akumulační nádrže	zhoršení kvality vody	střední	3	střední	3	údržba < 1 za 2 roky	nízká	2	18	ano	dodržení plánu údržby min. 1 za rok	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4
	009	zvýšení požadavků na odběr	nedostatečná zásoba akumulace	nízký	2	střední	3	nárůst životní úrovně, napouštění bazénů, zalévání zahrad	nízká	2	12	ano	vhodný návrh akumulace, smluvní podmínky	nevýznamný	1	vysoké	2	nízká	2	4
Technologické	012	doba zdržení vody v akumulaci	zhoršení kvality vody v akumulaci	střední	3	střední	3	návrh akumulace (velký objem akumulace , ale malý odběr)	nízká	2	18	ano	doba zdržení vody v akumulaci < 48 hodin	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4
	013	nedokonalé promíchávání v akumulaci	vznikají "mrtvá místa", kde voda stojí a neodtéká	střední	3	střední	3	nesprávný návrh trubního vystrojení	nízká	2	18	ano	vhodný návrh a provoz akumulace (objem a hladiny)	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4
	004	nefungující armatura	nemožnost uzavřít/otevřít průtok vody	nízký	2	nízké	4	stáří materiálu, nevhodné použití materiálu	vysoká	4	32	ano	pravidelná kontrola armatur,1x za rok protažení armatur, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	střední	3	9
	005	výpadek el. energie	nefunkčnost el. zařízení (především čerpadla)	střední	3	nízké	4	nevhodné přírodní a klimatické podmínky na hlavní síti způsobující výpadek energie	nízká	2	24	ano	možnost napojení záložního agregátu do cca. 4 hodin	nízký	2	nízké	4	nízká	2	16
	008	nefunkční monitorovací zařízení (měřidla)	nemožnost monitoringu	nízký	2	nízké	4	stáří měřidel	střední	3	24	ano	pravidelná kontrola měřidel, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	nízká	2	6
	011	nefunkční čerpadlo	přerušení dodávky vody do VDJ B	střední	3	nízké	4	stáří čerpadla, přerušení dodávky el. energie	nízká	2	24	ano	rezervní čerpadlo, pravidelná kontrola čerpadel, plán obnovy	nízký	2	střední	3	nízká	2	12
	020	vytvoření tlakového rázu	poškození vystrojení (zpětná klapka, čerpadlo)	vysoký	4	střední	3	nefunkční tlaková protirázová nádoba	nepravděpodobná	1	12	ano	pravidelná kontrola protirázové ochrany, plán obnovy	střední	3	střední	3	nepravděpodobná	1	9
Bezpečnostní	022	vylití čisticidel	styk čisticidel s pokožkou, nadýchání se výparů z čisticidel	střední	3	nízké	4	neodborná manipulace s čisticími prostředky	nízká	2	24	ano	ochranné pomůcky školení/dodržení BOZP	nízký	2	nízké	4	nepravděpodobná	1	8
	023	zásah el. proudem	paralýza, možná smrt	nebezpečný	5	vysoké	2	vniknutí vody do elektroinstalace	nízká	2	20	ano	vhodná pracovní obuv, školení/dodržení BOZP	vysoký	4	vysoké	2	nepravděpodobná	1	8
	024	pád do sběrné studny	úraz, zlomenina, apod.	střední	3	nízké	4	uklouznutí, neodborná manipulace	nízká	2	24	ano	vhodná pracovní obuv, školení/dodržení BOZP	střední	3	střední	3	nepravděpodobná	1	9
	030	usmyknutí na žebříku/schodech	úraz, zlomenina, apod.	nízký	2	střední	3	špatná obuv, mokrá kluzký půvrch	střední	3	18	ano	vhodná pracovní obuv, školení/dodržení BOZP	nízký	2	střední	3	nízká	2	12
											Σ 420								Σ 177	

Tabulka 3 Analýza FMEA pro vodojem B a úpravu vody chlorováním

Vodojem B + chlorování

Funkce procesu/dílu	Označení rizika	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Možná příčina (y) / mechanismus (y) vady	Výskyt	Body	RPN	RPN > 8	Doporučená opatření	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Výskyt	Body	RPN	
Přírodní	026	vylití chlóru do půdy	půdní kontaminace chlórem	vysoký	4	nízké	4	neodborná manipulace s nádobami na chlór	nízká	2	32	ano	školení/dodržení BOZP a manipulačního řádu	vysoký	4	střední	3	nepravděpodobná	1	12	
Společenská	003	vandalismus	vnější poškození objektu	nízký	2	nízké	4	nedostatečné zabezpečení ochranného pásma	vysoká	4	32	ano	instalace maket bezpečnostních kamer na budově	nízký	2	nízké	4	nízká	2	16	
	006	lidský faktor	např. nezavření dveří (vandalismus, vnik živočichů, atd.)	střední	3	nízké	4	nedodržení BOZP, provozního a manipulačního řádu	vysoká	4	48	ano	školení/dodržení BOZP, provozního a manipulačního řádu	nízký	2	nízké	4	střední	3	24	
	007	nedostatečná údržba	zhoršení kvality vody	střední	3	střední	3	údržba < 1 za 2 roky	nízká	2	18	ano	dodržení plánu údržby min. 1 za rok	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4	
Technologické	012	doba zdržení vody v akumulaci	zhoršení kvality vody v akumulaci	střední	3	střední	3	návrh akumulace (velký objem akumulace , ale malý odběr)	nízká	2	18	ano	doba zdržení vody v akumulaci < 48 hodin	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4	
	013	nedokonalé promíchávání v akumulaci	vznikají "mrtvá místa", kde voda stojí a neodtéká	střední	3	střední	3	spatný návrh trubního vystrojení	nízká	2	18	ano	vhodný návrh a provoz akumulace (objem a hladiny)	nízký	2	vysoké	2	nepravděpodobná	1	4	
	014	nefunkční chlоровací zařízení	voda bez úpravy chlоровáním	nebezpečný	5	střední	3	materiálové opotřebení chlorátoru, zamezení přísunu el. energie	nízká	2	30	ano	kontrola zařízení, plán obnovy	vysoký	4	vysoké	2	nepravděpodobná	1	8	
	021	únik chlóru	zhoršení kvality vody v akumulaci	nebezpečný	5	nízké	4	vadné chlorační zařízení	nízká	2	40	ano	kontrola zařízení, plán obnovy	vysoký	4	střední	3	nepravděpodobná	1	12	
	004	nefungující armatura	nemožnost uzavřít/otevřít průtok vody	nízký	2	nízké	4	stáří materiálu, nevhodné použití materiálu	vysoká	4	32	ano	pravidelná kontrola armatur,1x za rok protáčení armatur, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	střední	3	9	
	005	výpadek el. energie	nefunkčnost el. zařízení (především čerpadla)	střední	3	nízké	4	nevhodné přírodní a klimatické podmínky na hlavní síti způsobující výpadek energie	nízká	2	24	ano	možnost napojení záložního agregátu do cca. 4 hodin	nízký	2	nízké	4	nízká	2	16	
	008	nefunkční monitorovací zařízení (měřidla)	nemožnost monitoringu	nízký	2	nízké	4	stáří měřidel	střední	3	24	ano	pravidelná kontrola měřidel, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	nízká	2	6	
Bezpečnostní	025	přijít do styku s chlórem	poleptání, vdechnutí výparů	střední	3	nízké	4	únik chlóru	nízká	2	24	ano	ochranné pomůcky školení/dodržení BOZP	nízký	2	střední	3	nepravděpodobná	1	6	
	022	vylití čistidel	styk čistidel s pokožkou, nadýchání se výparů z čistidel	střední	3	nízké	4	neodborná manipulace s čistícími prostředky	nízká	2	24	ano	ochranné pomůcky školení/dodržení BOZP	nízký	2	nízké	4	nepravděpodobná	1	8	
	023	zásah el. proudem	paralýza, možná smrt	nebezpečný	5	vysoké	2	vnik vody do elektroinstalace	nízká	2	20	ano	vhodná pracovní obuv, školení/dodržení BOZP	vysoký	4	vysoké	2	nepravděpodobná	1	8	
Σ											384									Σ	137

Tabulka 4 Analýza FMEA pro rozvodnou vodovodní síť

Rozvodná vodovodní síť

Funkce procesu/dílu	Označení rizika	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Možná příčina (y) / mechanismus (y) vady	Výskyt	Body	RPN	RPN > 8	Doporučená opatření	Závažnost	Body	Odhalitelnost	Body	Výskyt	Body	RPN	
Přírodní	027	podmáčení zeminy	porucha potrubí	střední	3	nízké	4	přívalový déšť, špatné uložení	nízká	2	24	ano	správné uložení a obsypání potrubí	nízký	2	nízké	4	nepravděpo dobná	1	8	
	028	promrznutí zeminy	porucha potrubí	vysoký	4	nízké	4	uložení v malé hloubce	nízká	2	32	ano	dodržení nezamrzné hloubky, použití chráničky	střední	3	nízké	4	nepravděpo dobná	1	12	
Společenská	015	neodborný fyzický zásah odběratele do sítě	poškození sítě	nebezpečný	5	nízké	4	nenahlášení zásahu do sítě správci, lidský faktor	nízká	2	40	ano	informovanost veřejnosti	vysoký	4	střední	3	nepravděpo dobná	1	12	
	016	stavební práce v blízkosti objektu	poškození sítě	nebezpečný	5	nízké	4	nenahlášení oprav v blízkosti sítě správci, lidský faktor	nízká	2	40	ano	přizvání správce před zasypáním výkopu	vysoký	4	střední	3	nepravděpo dobná	1	12	
	006	lidský faktor	menší poškození sítě při opravách a revizích	vysoký	4	nízké	4	nedodržení BOZP, provozního a manipulačního řádu, nedostatečně proškolený personál	střední	3	48	ano	školení/dodržení BOZP, znalost provozního a manipulačního řádu	vysoký	4	střední	3	nízká	2	24	
	007	nedostatečná údržba	zhoršení kvality vody	střední	3	střední	3	údržba < 1 za 2 rok	nízká	2	18	ano	dodržení plánu údržby min. 1 za rok	nízký	2	vysoké	2	nepravděpo dobná	1	4	
Technologické	017	provádění oprav na síti	dlouhodobá nefunkčnost sítě	nebezpečný	5	střední	3	nedodržení projektové dokumentace, provozního a manipulačního řádu	nízká	2	30	ano	školení/dodržení BOZP, znalost provozního a manipulačního řádu	vysoký	4	vysoké	2	nepravděpo dobná	1	8	
	018	nízký/vysoký provozní tlak	voda nedoteče až k odběrateli/ poškození domovního vstrojení	vysoký	4	vysoké	2	špatný návrh tlakových pásem	nízká	2	16	ano	vhodný návrh, snížení/zvýšení tlaku čerpadlem	střední	3	vysoké	2	nepravděpo dobná	1	6	
	019	neprůchodnost potrubí	zmenšení průtočné kapacity potrubí	vysoký	4	střední	3	sedimenty, inkrusty, cizí těleso	střední	3	36	ano	monitoring, čištění	střední	3	střední	3	nízká	2	18	
	004	nefungující armatura	nemožnost uzavřít/otevřít průtok	nízký	2	nízké	4	stáří materiálu, nevhodné použití materiálu	vysoká	4	32	ano	pravidelná kontrola armatur,1x za rok protáčení armatur, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	střední	3	9	
	008	nefunkční monitorovací zařízení (měřidla)	nemožnost monitoringu	nízký	2	nízké	4	stáří měřidel	střední	3	24	ano	pravidelná kontrola měřidel, plán obnovy	nevýznamný	1	střední	3	nízká	2	6	
Bezpečnostní	029	pád do jámy	zranění osoby	střední	3	nízké	4	nepozornost, nedodržení BOZP	nízká	2	24	ano	školení/dodržení BOZP	střední	3	nízké	4	nepravděpo dobná	1	12	
	031	přerušení kabelů VN/NN	paralýza, popáleniny, možná smrt	nebezpečný	5	střední	3	nevědomost/špatné zaměření inženýrských sítí	nízká	2	30	ano	analýza současného stavu inženýrských sítí	vysoký	4	vysoké	2	nepravděpo dobná	1	8	
	032	kolize se stroji	zranění osoby, možná smrt	nebezpečný	5	nízké	4	nepozornost, nedodržení BOZP	nízká	2	40	ano	školení/dodržení BOZP	vysoký	4	nízké	4	nepravděpo dobná	1	16	
	033	uklouznutí	zranění osoby (zlomenina, pohmožděnina apod.)	nízký	2	střední	3	nevhodná pracovní obuv, mokrý kluzký povrch	střední	3	18	ano	vhodná pracovní obuv, školení/dodržení BOZP	nízký	2	střední	3	nízká	2	12	
Σ											452									Σ	167

### 8.3 PARETŮV DIAGRAM

V diagramech vycházíme z hodnot RPN (po ošetření) a označení rizik z analýzy FMEA z předchozí podkapitoly. V histogramu jsou seřazena rizika od největšího po nejmenší a barevně odlišena tmavě modrou barvou levá strana, která určuje 80% důsledků, což je sledovaná část. Červená čára je Lorenzovou křivkou značící kumulativní četnosti. Níže budou popsány Paretovi diagramy na tři nejdůležitější části systému, které obsahují všechna rizika ovlivňující BOZP, kvalitu a dopravu vody. Dílčí grafy pro každý z částí systému zaměřené jednotlivě na BOZP, kvalitu a dopravu vody je možné vidět v příloze A.

V **diagramu 1**, který se zabývá vyhodnocením rizik v oblasti prameniště, kde se nacházejí jímací zářezy, akumulace a čerpací stanice, můžeme vidět, že rizika s největším významem jsou ze všech oblastí: společenská, přírodní, bezpečnostní a technologická. Z toho největší ohodnocení má lidský faktor (006), vandalismus (003), výpadek elektrické energie (005) zanesení či ucpání zářezů (001), a v neposlední řadě i usmýknutí na žebříku nebo schodech (030). Tato rizika ovlivňují jak možný úraz pracovníka, kvalitu, tak i dopravu vody v systému. Je jasné, že spojení lidského faktoru, například zapomenutí zamčení dveří a vandalismu, je velmi závažným faktorem. Může se jednat o poškození vnějších objektů, ale v horším případě i o poškození a znehodnocení vnitřních částí objektů, což může mít nedozírné důsledky jak na kvalitu, tak i na dopravu vody. Jedná se například o kontaminaci vody (sběrné studny) nebo o poškození čerpadel, armatur a měřících zařízení, které zabezpečují dopravu vody ve správném množství a tlaku. Jako opatření proti vandalismu se osvědčilo nainstalování maket bezpečnostních kamer na objekt. S eliminací nedostatků a chyb lidského faktoru to není zdaleka tak jednoduché, je nutné pro zaměstnance důkladné proškolení BOZP a znalost manipulačního a provozního řádu, ale i obvyčejná obezřetnost a důkladnost v tom co dělají. Rizika spojená s ucpáním zářezů a výpadkem elektrické energie jsou jednoznačně spojeny nejen s objemem jímané a dopravované vody, ale také s možností manipulace s průtokem vody (čerpání čerpadel). Jako opatření se v případě zářezů doporučuje pravidelné čištění minimálně jednou za rok a v případě výpadku elektrické energie rychlé zajištění náhradního agregátu, který bude schopen výpadek po celou dobu kompenzovat. Riziko usmýknutí na žebříku nebo schodech je spojeno s nutností nošení vhodné pracovní obuvi, dodržení BOZP, obezřetnosti a předvídatelnosti člověka.

V **diagramu 2**, kde se zaměříme na část systému s vodojemem B a úpravu vody, pomocí chlorováním, se objevují stejně jako v předchozím grafu mezi nejvýznamnějšími riziky lidský faktor (006), vandalismu (003) nebo výpadek elektrické energie (005), které jsou však doplněny o závažná rizika z oblasti chlorování, a to únik chlóru (021), vylití chlóru do půdy (026) a nefunkční chlorovací zařízení (014), společně s nefungující armaturou (004). Rizika nekontrolovaného úniku chlóru do vody a nefungující chlórovací zařízení

jednoznačně ovlivňují kvalitu vody. Je tedy nutné chlоровací zařízení pravidelně kontrolovat, a také dodržovat plán obnovy. Naopak vylití chlóru do půdy je rizikem z hlediska enviromentu, což se dá předejít jedině správným zacházením s barely, jež závisí na důkladném proškolení zaměstnance v BOZP a jeho znalostí manipulačního řádu. Nefunkční armatura je spojena možností manipulace s průtokem vody (otevírání a uzavírání) v případě potřeby (například při nutné opravě). Jako opatření se v případě nefungujících armatur doporučuje pravidelné protáčení armatur a vizuální kontrola společně s plánem obnovy.

**Diagram 3** je zaměřen na rozvodnou vodovodní síť v obci, která s předchozími grafy má společné nejvýznamější riziko lidský faktor (006). Toto riziko svou hodnotou následuje neprůchodnost potrubí (019), kolize pracovníka se stroji (032), neodborný fyzický zásah odběratele do sítě (015), stavební práce v blízkosti objektu (016) a promrznutí zeminy (028). Neprůchodnost potrubí se myslí díky vzniklým inkrustům a sedimentům, či prorůstáním kořenů do potrubí. Musí se proto provádět pravidelný monitoring sítě s následnou údržbou. Promrznutí zeminy je významným rizikem pokud se trubní síť při výstavbě neuloží do správné nezamrzné hloubky nebo do chráničky. Rizika vyplývající z neodborného fyzického zásahu odběratele do sítě a stavebních prací v blízkosti objektu se naopak předcházejí preventivní informovaností veřejnosti o právech a hlavně povinnostech spojených s ochranným pásmem sítě, jako například povinnost přizvat správce systému před zasypáním výkopu. Patří sem také významné BOZP riziko, při kterém může přijít ke kolizi stroje (např. bagr) s pracovníkem, jež se ovlivní pouze opatrností zúčastněných a dodržením BOZP, stejně jako u rizika pádu do jámy (029) nebo uklouznutí (033), kdy se vyžaduje především nošení pracovní obuvi a oděvu.

### Jímací zářezy + ČS + akumulace

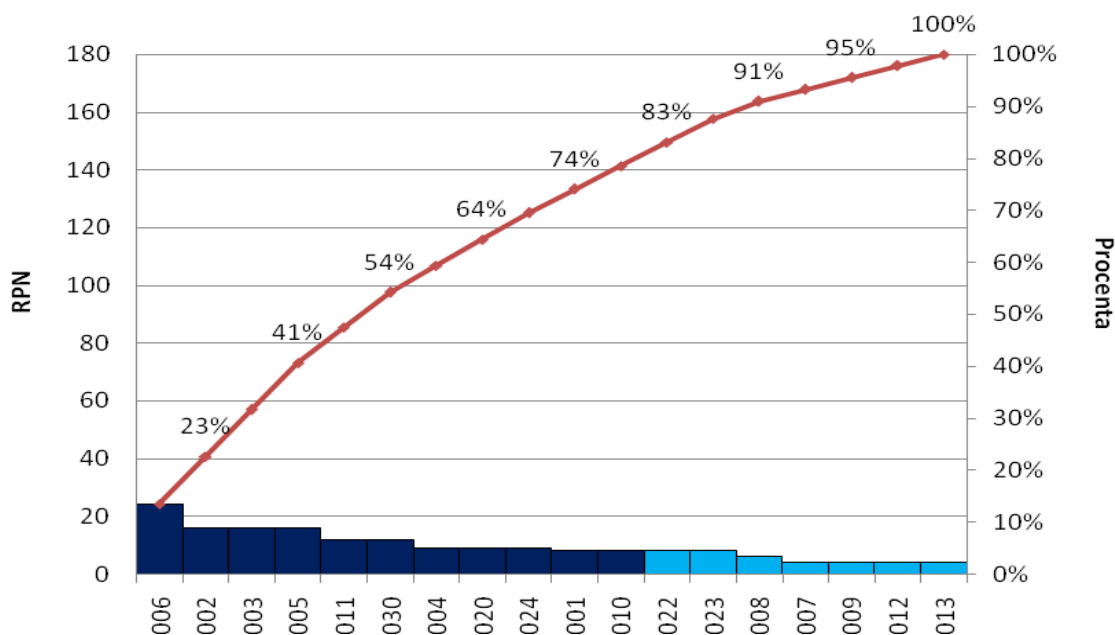
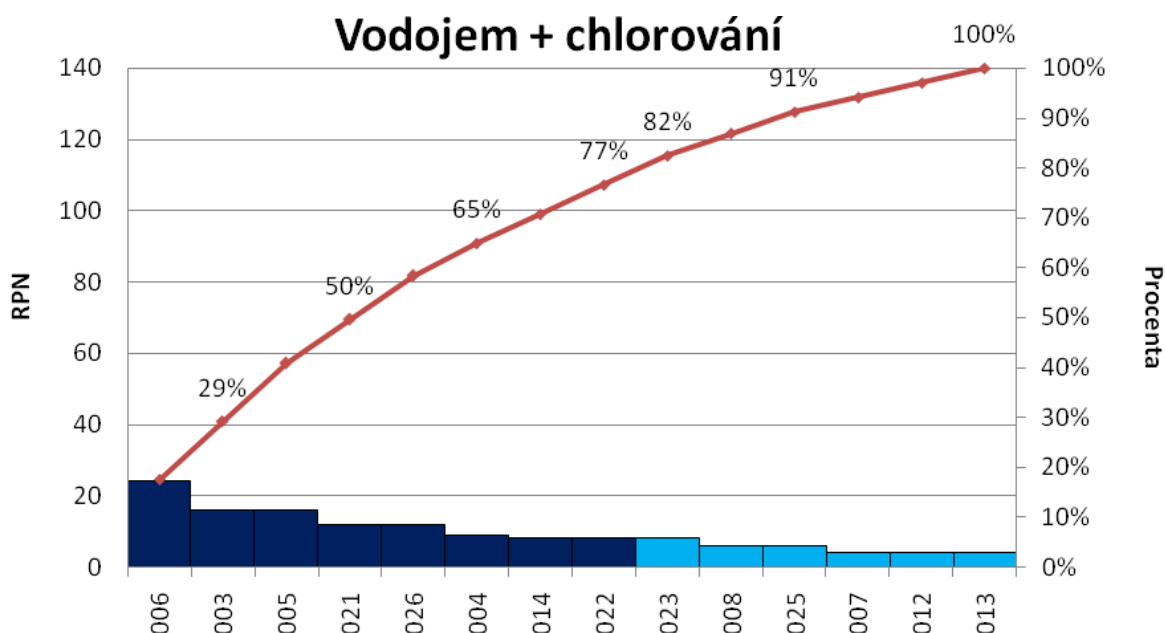
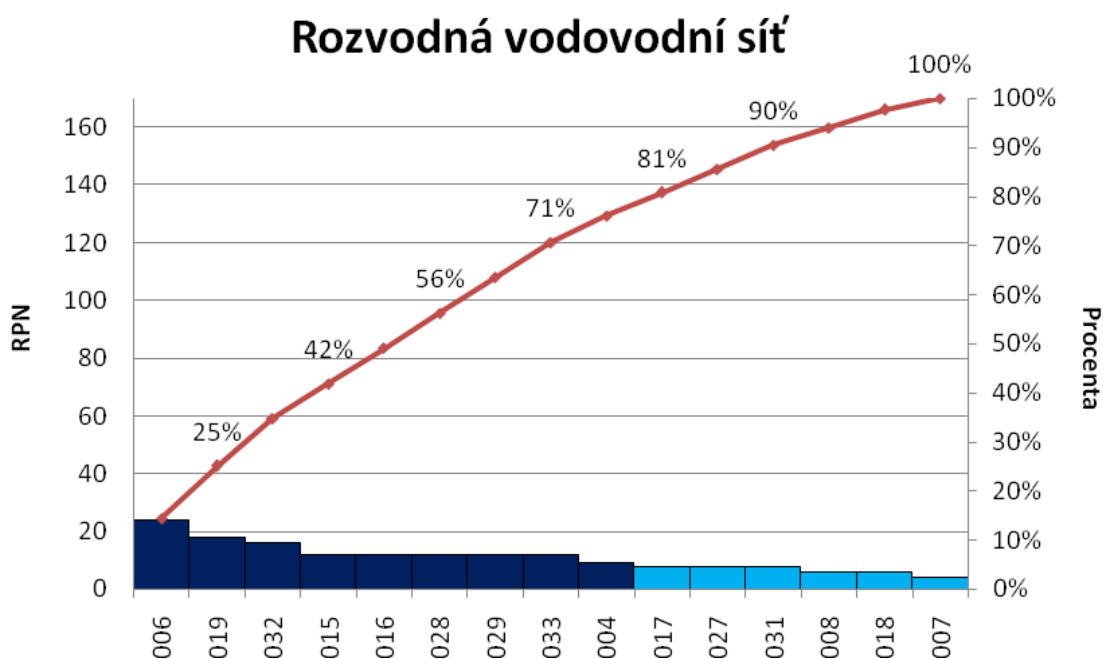


Diagram 1 Paretův diagram pro část systému v prameništi



**Diagram 2 Pareťův diagram pro vodojem B a chlorování**



**Diagram 3 Pareťův diagram pro rozvodnou vodovodní síť**

Z těchto grafů, kde jsou společně vyhodnocena všechna rizika ovlivňující BOZP, kvalitu i dopravu vody, na která je potřeba se zaměřit, je zřejmé, že jsou výsledky zkreslené kvůli různým hladinám četností v jednotlivých oblastech. Je tedy důležité, z hlediska řízení rizik, abychom užívaly diagramy z určitých dílčích oblastí (BOZP, kvalita a doprava vody – viz. Příloha A). [27]

## 8.4 ISHIKAWA DIAGRAM

Jako tomu bylo v předešlých analýzách, jsou analýzy rozděleny na části systému prameniště, vodojem s chlorováním a rozvodná síť a v každé části jsou analýzy ještě rozděleny na kvalitu vody, dopravu vody a BOZP. V analýze jsou uvedeny vždy minimálně čtyři (maximálně šest) kategorií, ve kterých hledáme možná nebezpečí, které mohou nastat. Tento typ analýzy bereme jako návod a podklad pro určování možných rizik, které jsou podkladem pro další analýzy jako FMEA apod. Kategorie, které se objevují v těchto analýzách, jsou následující:

- metody,
- stroje,
- lidé,
- materiál,
- měření,
- prostředí.

V analýzách na **obrázcích 47 až 49** jsou možné důsledky zaměřeny na část systému v prameništi, které zahrnuje jímací zářezy, čerpací stanici a akumulaci. Pro zhoršení kvality vody se jako možné příčiny v daných oblastech jeví především nesprávný návrh akumulace (doba zdržení v akumulaci, nedokonalé promíchávání), nedostatečná údržba, nevhodné čistidla a neodborná manipulace s nimi, špatné měření, a v neposlední řadě také zhoršení kvality jímání vody blízkou důlní či zemědělskou činností. Z hlediska zhoršení dopravy vody jsou podle diagramu příčiny především v oblasti zvolení a návrhu jímání vody, údržby čerpadel, návrhu hladin v akumulační nádrži, vhodného typu materiálu pro trubní vedení, kalibrace a správné odečítání měřidel a lidský faktor. V oblasti možného úrazu pracovníka se příčiny mohou vyskytovat především v nepozornosti, nedodržení BOZP předpisů, zásahem elektrického proudu od stroje nebo v důsledku vniknutí vody do elektroinstalace, nebo může být úraz zapříčiněn klimatickými podmínkami.

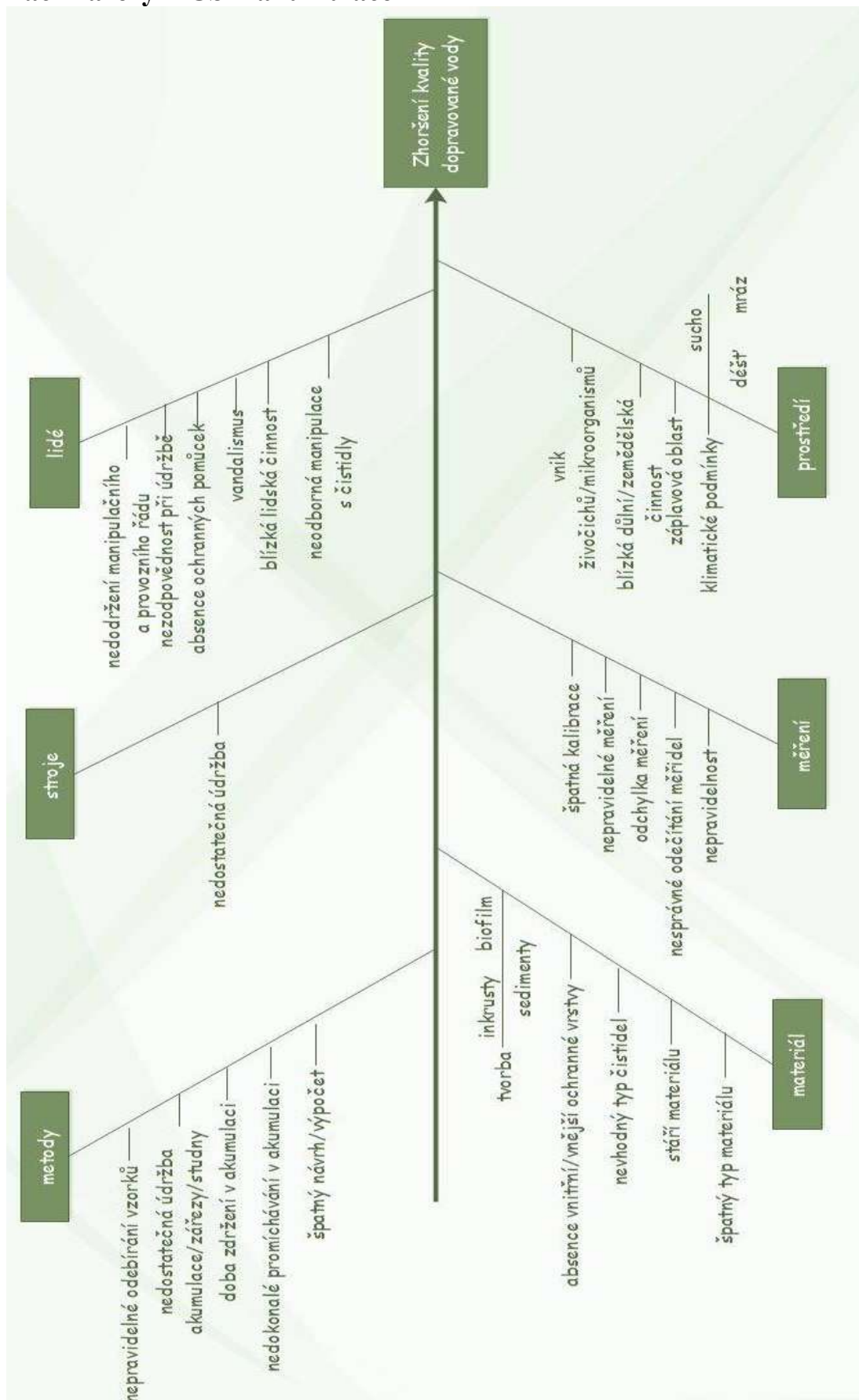
V Ishikawa diagramech na **obrázcích 50 až 52** jsou důsledky a odvětví příčin stejné jako v předešlých, jen se jedná o jinou část systému, kterou charakterizuje vodojem B a chlorování probíhající uvnitř. V podstatě se významné příčiny vzniku důsledků jako je kvalita vody, doprava vody a úraz pracovníka neliší (oblast akumulace), jsou zde navíc možné příčiny z oblasti chlorování. U kvality vody se jedná především o správný výběr úpravy vody, správné dávkování, nastavení a výběr dávkovacího zařízení a jeho kontrola kvůli možnému nechtěnému úniku činidla do vody. U dopravy vody v podstatě úprava vody nemá podstatný vliv. Opakují se zde tedy nejvýznamnější oblasti příčin jako u akumulace z předchozí analýzy (jímací zářezy, akumulace a čerpací stanice) pro akumulaci. Pro oblast BOZP se příčiny opět vyskytují v nepozornosti, nedodržení BOZP předpisů, zásahu elektrickým proudem od stroje nebo v důsledku vniknutí vody do elektroinstalace, nebo může být úraz



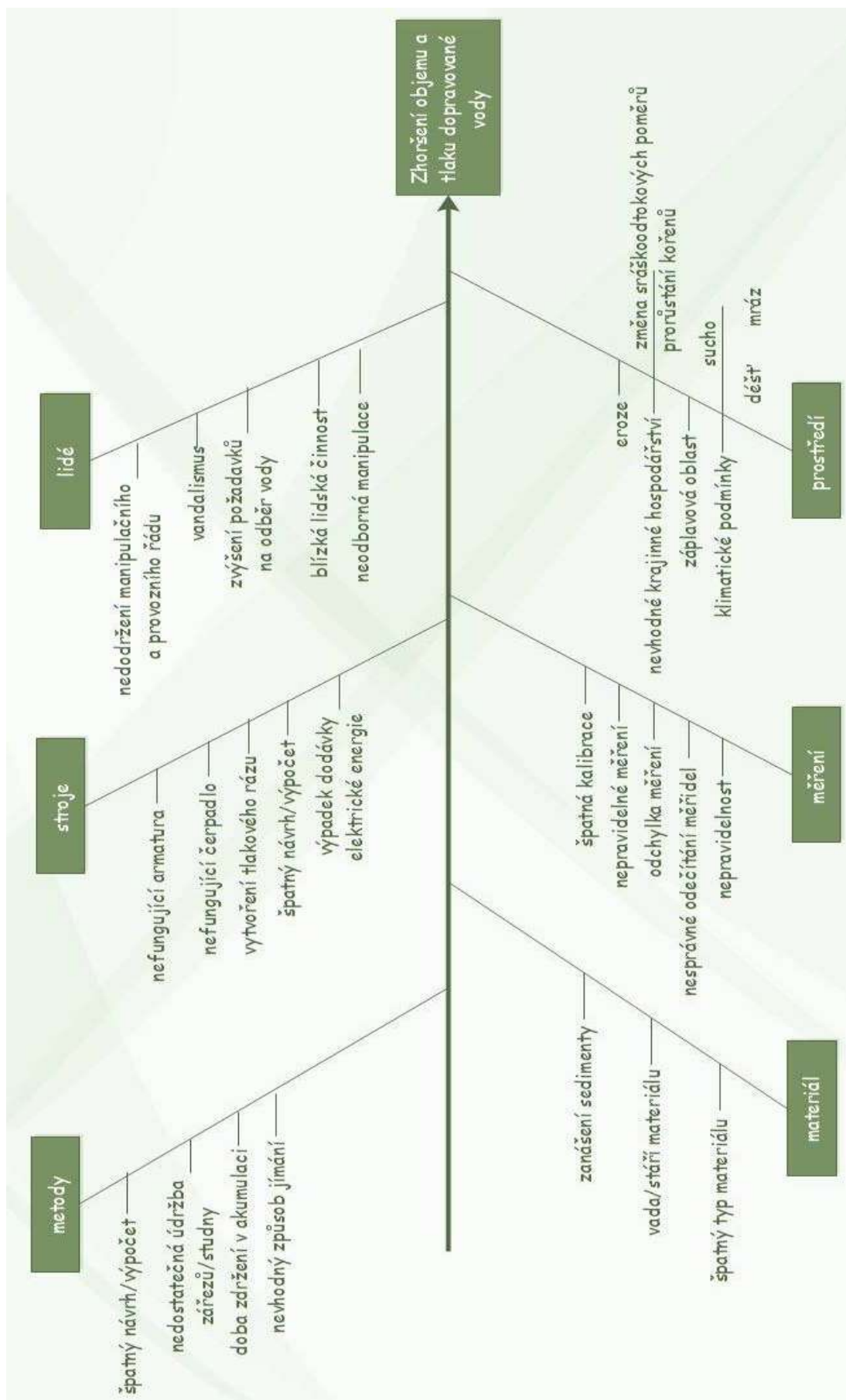
zapříčiněn klimatickými podmínkami jako je například déšť a následným možným uklouznutím nebo nepoužíváním ochranných pomůcek.

U rozvodné vodovodní sítě se na **obrázcích 53 až 55** zaměříme na hledání příčin vzniku důsledků ve stejných odvětvích jako v předchozích diagramech. Jedná se o příčiny z oblasti provozování sítě a možných oprav na síti. Pro zhoršení kvality vody se jako možné příčiny v daných oblastech jeví především návrh a výběr materiálu potrubí, spolu s prováděním čištění a nedostatečným či nesprávným monitoringem. Pro Dopravu vody jsou hlavními příčinami špatný návrh vedení, dlouhodobá odstávka sítě z důvodu opravy, nefungující armatury, zanášení potrubí, nesprávný monitoring, dopravní zatížení (možná havárie) a v oblasti lidského faktoru jsou to neohlášené stavební práce v blízkosti sítě a neodborný zásah do sítě odběratelem. V oblasti možného úrazu pracovníka se příčiny mohou vyskytovat především v nedodržení BOZP předpisů, absenci ochranných pomůcek a pracovního oděvu, nepozornosti (kolize se stroji, manipulace s troubami a nářadím), možném zásahu elektrickým proudem (od stroje, přerušením kabelů) a opět klimatickými podmínkami, kterými se může vyvodit úraz například uklouznutím.

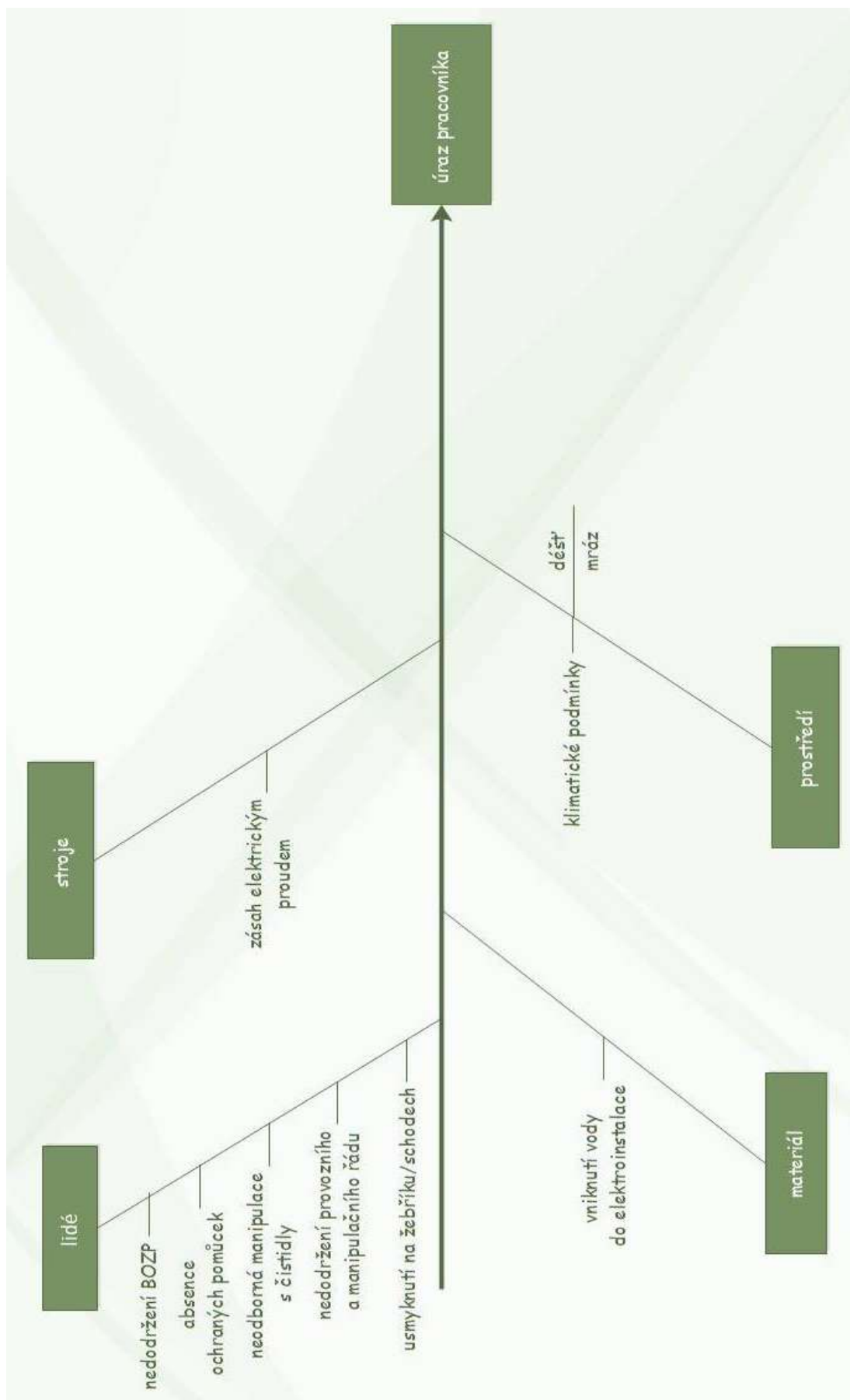
## Jímací zářezy + ČS + akumulace



Obrázek 47 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - Kvalita vody

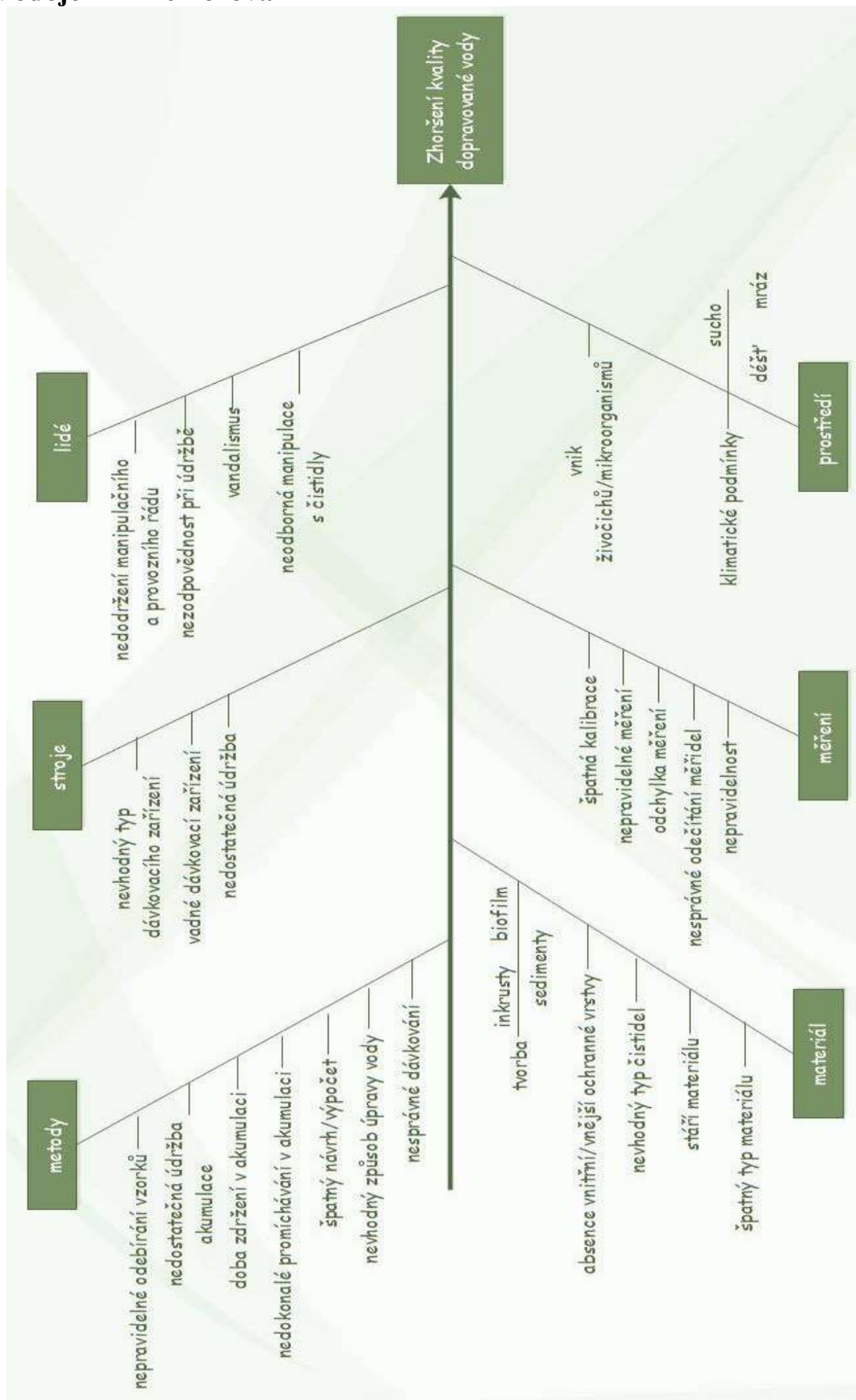


Obrázek 48 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - Doprava vody

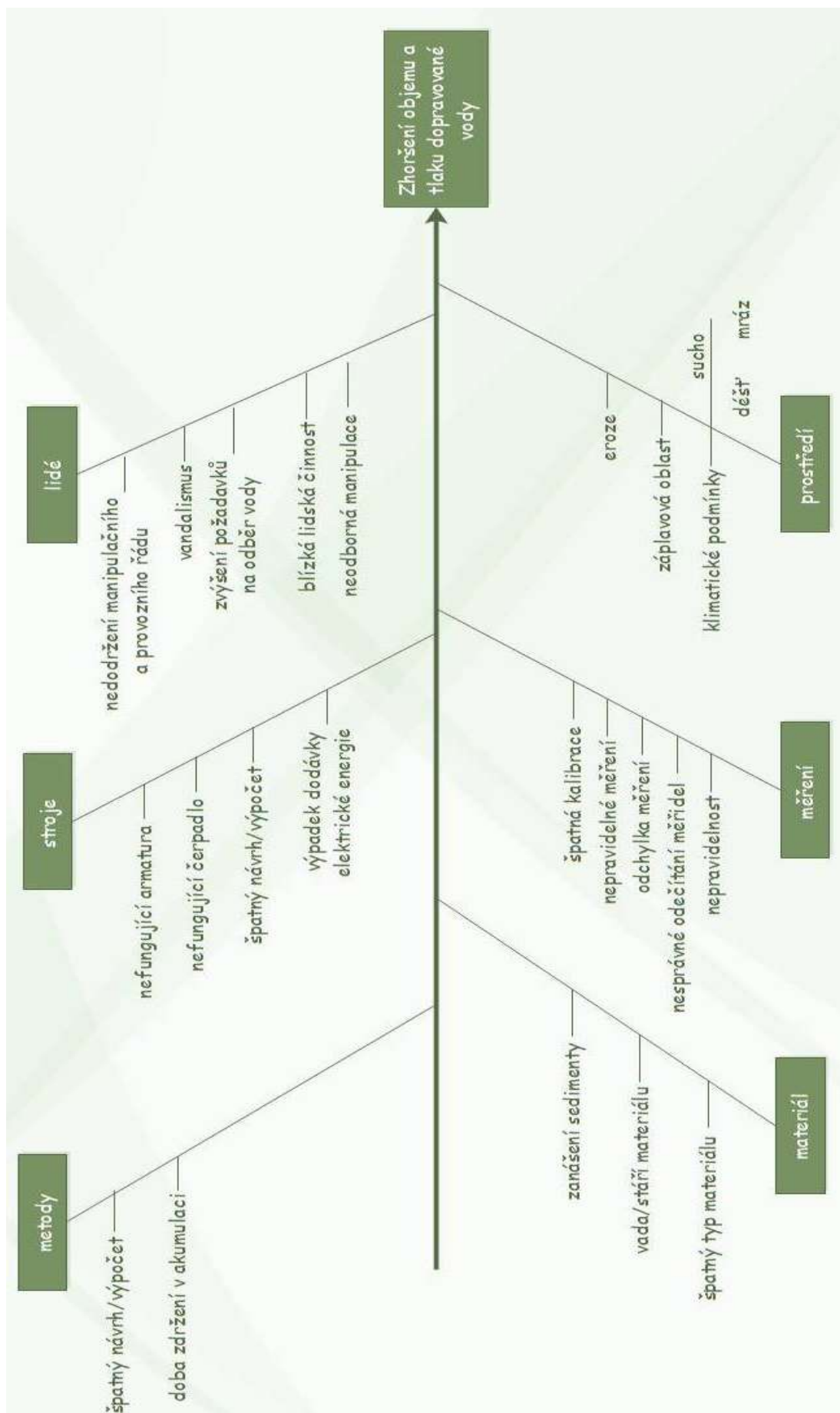


Obrázek 49 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - BOZP

## Vodojem B + chlorování

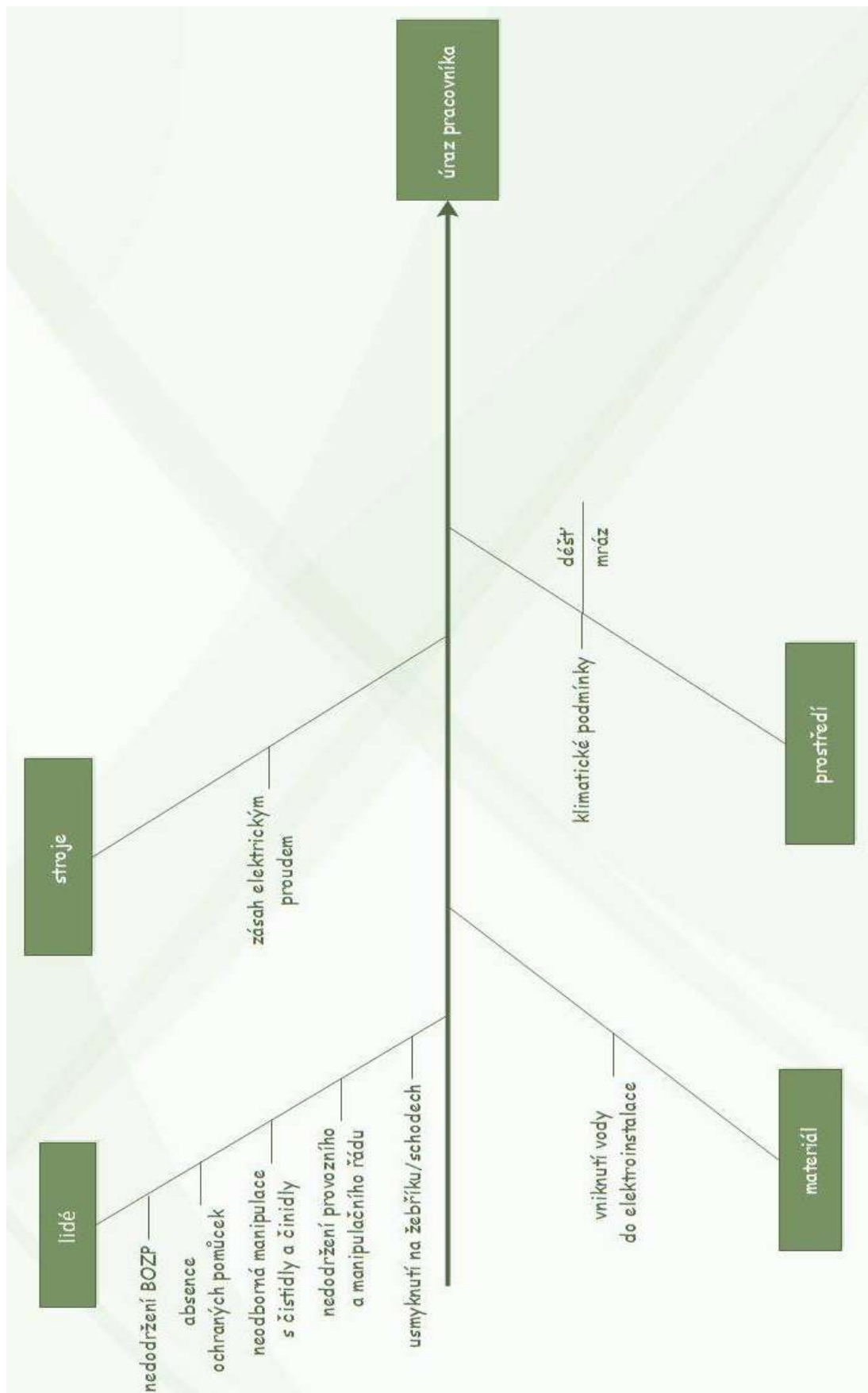


Obrázek 50 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - Kvalita vody



Obrázek 51 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - Doprava vody

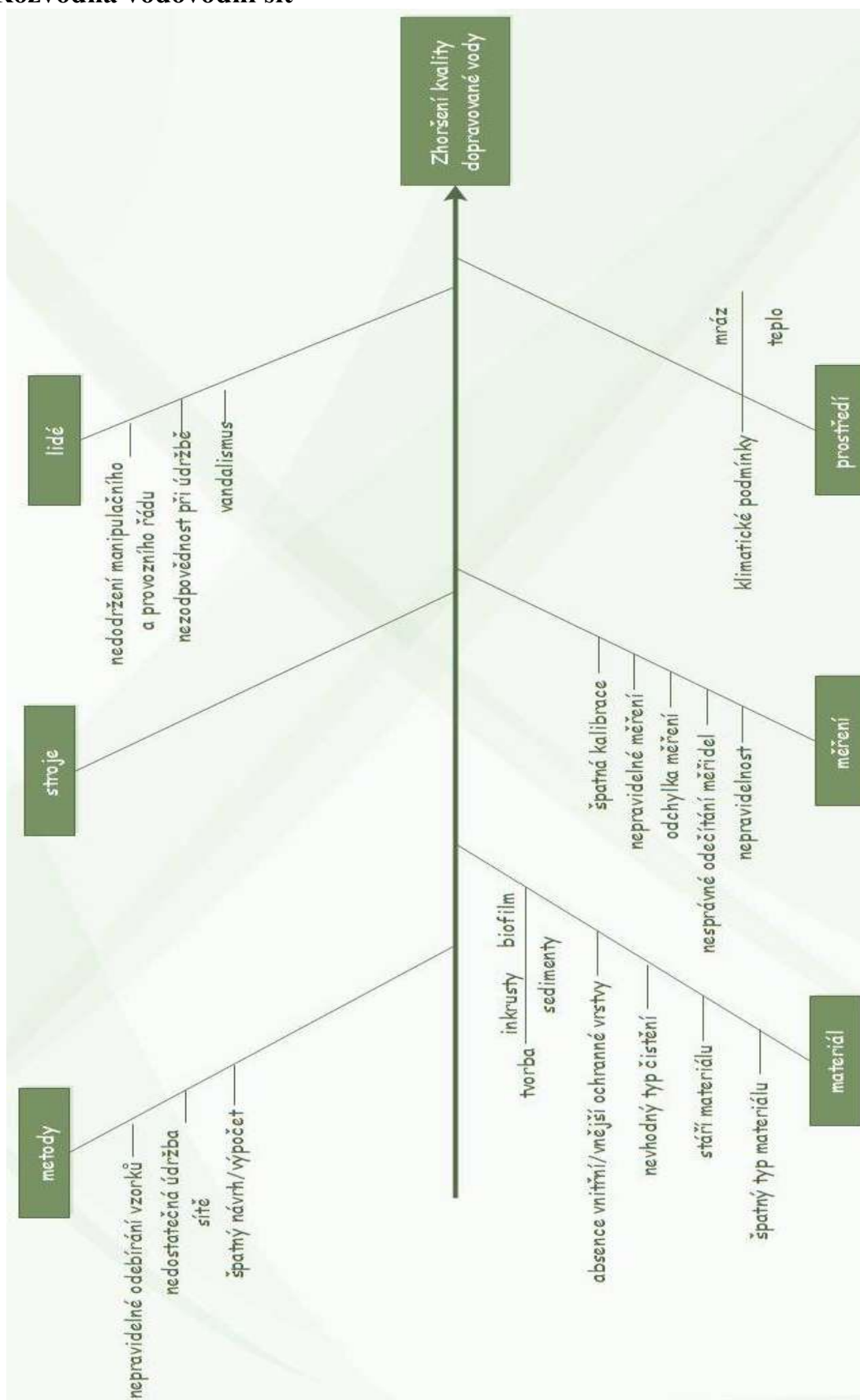




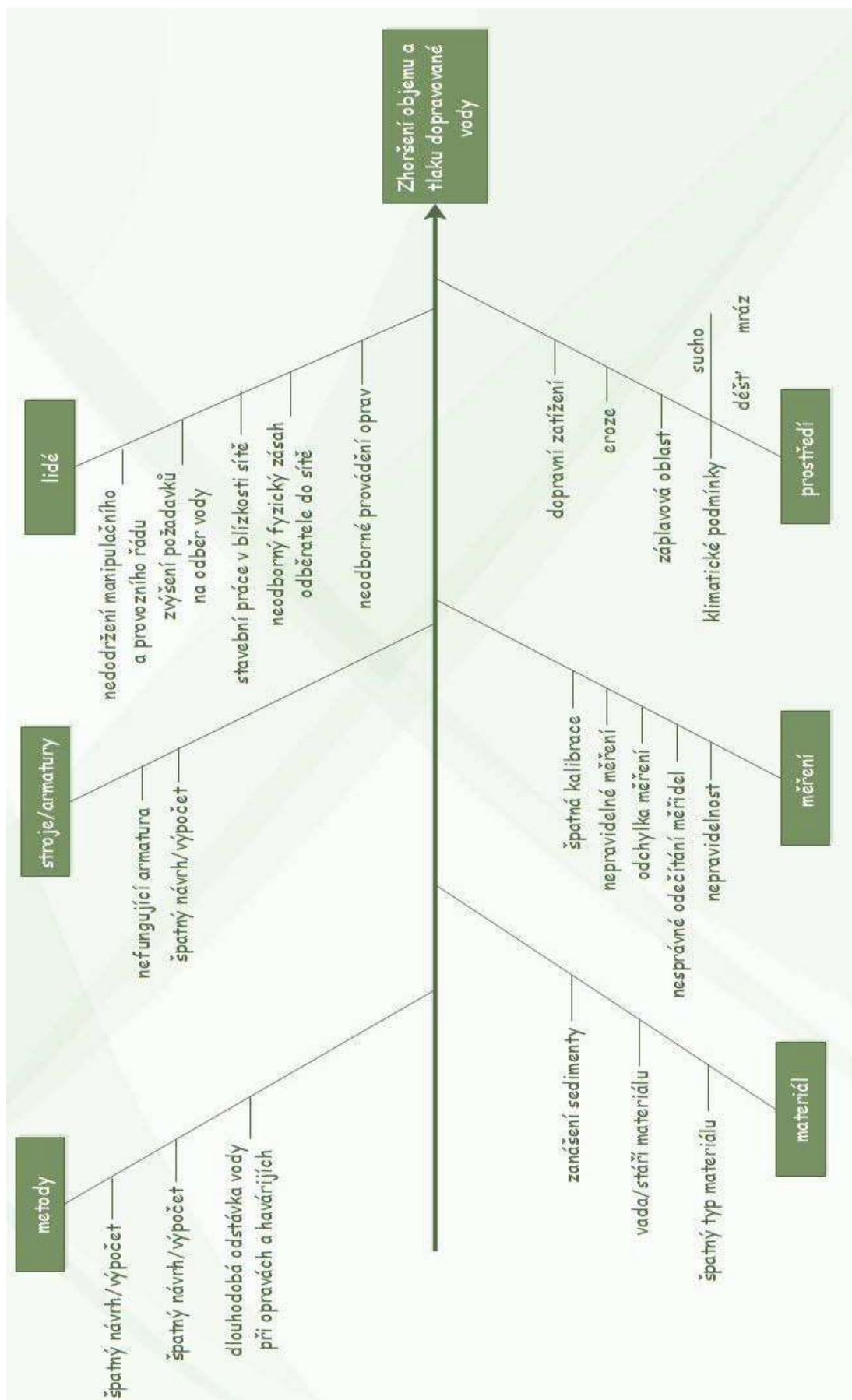
Obrázek 52 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - BOZP



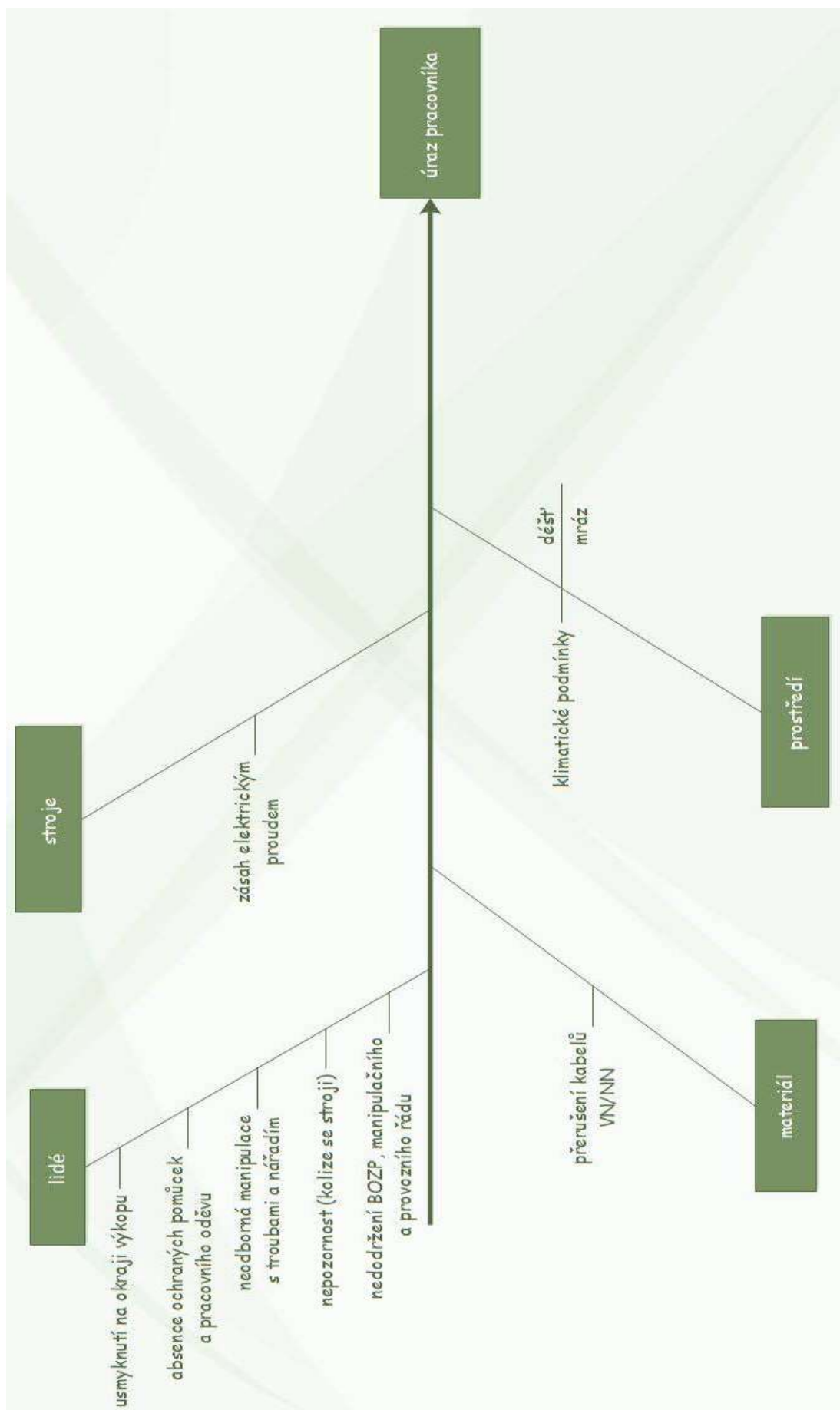
## Rozvodná vodovodní síť



Obrázek 53 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - Kvalita vody



Obrázek 54 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - Doprava vody



Obrázek 55 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - BOZP

## 9 ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ

Cílem diplomové práce s názvem Analýza a hodnocení veřejného vodovodu bylo aplikovat vybrané metody pro řízení rizik na konkrétním objektu veřejného vodovodu, analyzovat a posoudit rizika v oblasti kvality, environmentu a bezpečnosti, které vznikají v průběhu provozování systému vodárenskou společností.

Konkrétní vodovod byl vybrán Vodárenskou akciovou společností a.s., která mi umožnila také fyzickou prohlídku objektů a okolí, konzultace s provozním technikem, nahlédnutí do provozního řádu, rozborů surové vody a záznamy spotřeby vody za posledních 5 let. Nedovolila mi však uvést přesné názvy obcí, kterých se skupinový vodovod týká. A proto byly názvy obcí nahrazeny v textu písmeny A, B a C. V průběhu několika konzultací s provozním technikem, jsem však zjistila, že výběr Skupinového vodovodu A nebyl šťastná volba ve smyslu výskytu nežádoucích jevů a možných rizik. Jedná se totiž v podstatě o bezproblémový, kvalitně navržený a vystavěný systém, jehož provozování je, oproti jiným vodovodům, bez větších problémů. To se projevilo především v analýze WaterRisk a jeho výsledcích.

Softwarová aplikace WaterRisk byla vybrána jako hlavní metoda analýzy, pro své specifické použití na veřejné systémy zásobování pitnou vodou. Byla i blíže pospána v samostatné kapitole, protože není veřejností až tak známá, jako jiné metody. Práce v aplikaci byla náročná především na znalost systému, což pro mne znamenalo nutnost fyzické prohlídky objektu, početné konzultace s provozním technikem a bedlivé pročitání poskytnutých podkladů. Výsledky nám určily, že rizika Skupinového vodovodu A jsou zanedbatelné (K1). Tudíž se neprováděla ani opatření, jelikož nebyla potřebná. Aplikace byla opravdu obsáhlá, zaměřovala se na systém po dílčích částech, byla zde i možnost ovlivnit hodnocení vytvořením vlastního nežádoucího stavu a jeho ohodnocením. Jak bylo již řečeno výše, v průběhu seznamování se systémem, jsem zjistila, že je systém v podstatě bezproblémový, což se projevilo i ve výsledném celkovém zanedbatelném riziku.

Například v jiné diplomové práci, která se zabývala analýzou vodovodu obecního typu v obci Klobouky u Brna, dospěla autorka k jiným výsledkům. Jeden nežádoucí stav je ohodnocen rizikem K2 nízké riziko (NS\_302 Zhoršení kvality pitné vody v akumulární nádrži vodojemu) a dva nežádoucí stavy jsou ohodnoceny rizikem K3 střední riziko (DNS\_339 Tvorba inkrustů – plošné vyhodnocení a NS\_332 Zhoršení chuti, pachu nebo teploty dopravované vody). Její systém se však lišil, jak ve své velikosti (dvojnásobný objem vody vyrobené k realizaci – 84 000 m<sup>3</sup>/rok), tak i v jeho dílčích částech (podzemní vrty, úprava vody, dvě čerpací stanice, dva vodojemy a dvě tlaková pásma). [20]

Aplikace bohužel vykazovala i některé nevýhody. Již na začátku nebylo možno přiřadit v aplikaci založení nového projektu novým uživatelem (mou osobou), takže je zakladatelem tohoto projektu uveden Tomáš Kučera, který mi

poskytnul přístup přes jeho přihlášení. Dále nešly do aplikace vkládat dokumenty ani obrázky. Největším problémem se však jeví kvalita souboru generovaných dat z aplikace. Soubor je zmatečný, aplikace přiřazuje vysoké míry rizika k nežádoucím jevům, u kterých by se neměly vůbec vyskytovat apod. Je to pravděpodobně způsobeno částečnou nedodělaností aplikace z pohledu vývoje, který v současnosti ani nepokračuje. V podstatě neexistuje ani správce této aplikace. Tato analýza mi přijde jako velice propracovaná co se týče obsahové stránky, výčtu nebezpečných jevů, ale bohužel v určitých funkcích nedodělaná. Je to velká škoda.

Jako další metody analýz byly vybrány: analýza FMEA, Pareto diagram a Ishikawa diagram. V Ishikawa diagramu jsem především chtěla vystihnout, na jaké možné příčiny v určitých oblastech (lidé, stroje, metody ...) se zaměřit, při identifikaci možných rizik. K tomuto účelu je tato analýza vhodná a přehledná. Důsledky, na kterých jsem všechny tři analýzy aplikovala, byly zhoršení kvality vody, dopravy vody (objem a tlak vody) a možný úraz pracovníka. Toto rozdělení bylo výsledky Paretova diagramu potvrzeno. Při souhrnném zobrazení rizik dochází k jejich zkreslení, a proto je výhodnější přistupovat k řízení rizik po jednotlivých oblastech a nikoli jako k celku (v našem případě část prameniště, vodojem s chlorováním a rozvodná vodovodní síť). V analýze Fmea jsem vycházela částečně z analýzy WaterRisk a Ishikawa diagramu. Oproti WaterRisku jsem však vybírala pouze rizika, která se buď již objevila, nebo můžou reálně na systému nastat, díky jeho charakteru a vlastnostem. Subjektivním hodnocením v analýze vyšly také mnohem větší hodnoty rizik. Jedná se však o individuální cítění rizika hodnotitelů. Z této analýzy se poté vycházelo do Paretova diagramu, který je nástrojem pro stanovení priorit při eliminaci rizika pomocí Paretova pravidla 80/20. Ale jak již bylo řečeno, aby nebyly výsledky zkresleny, je výhodnější přistupovat k řízení rizik po jednotlivých oblastech a nikoli jako k celku. Svými grafickými výstupy jsou i pro laika nejpřehlednější metodou Ishikawa diagram, výstupy z analýzy FMEA, WaterRisk a Pareto diagram jsou srozumitelné a přehledné pouze pro experty lidí znalé tyto metody.

Vyhodnocením analýz pro kvalitativní, environmentální a bezpečnostní rizika vzešla opatření, která například pro oblast kvality spočívá v dodržování provozních a manipulačních předpisů, pravidelném a odborném monitoringu a především v kvalitním návrhu. U enviromentu je důležité správné manipulování s čisticími a dezinfekčními činidly a dodržování provozních a manipulačních předpisů. V oblasti BOZP musí být pracovníci znalí systému, procesů a postupů v něm, musí používat ochranné pomůcky a nosit správný pracovní oděv a obuv, musí být školeni o BOZP a měli by být obezřetní a důkladní.

## 10 LITERATURA

### 10.1 PUBLIKACE

- [1] TICHÝ, Milík. *Ovládání rizika: analýza a management*. Vyd. 1. Praha: C.H. Beck, 2006, xxvi, 396 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-717-9415-5.
- [2] TUHOVČÁK, Ladislav. *WaterRisk: analýza rizik veřejných vodovodů*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 254 s. ISBN 978-80-7204-676-8.
- [6] ANDERLE. *Riziková analýza nežádoucích stavů na úpravných vod*. Lukáš Anderle, Brno, 2008. Diplomová práce.
- [8] JANÍČEK, P. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky - hledání souvislostí*. 1. a 2. díl. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2007. 1234 str. ISBN 978-80-7204-554-9
- [17] NOVÁK, Josef. *Průručka provozovatele vodovodní sítě*. Vyd. 1. Líbeznice u Prahy: Vydalo Medim pro SOVAK ČR, 2003, x, 151 s. ISBN 80-238-9946-5.
- [18] *Vodárenství*. 1. vyd. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998, 189 s. ISBN 80-902-4607-9.
- [19] NEKULA, VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, A.S. *A - Skupinový vodovod: Provozní řád pro zkušební provoz*. 1. 09/95
- [20] POTYŠOVÁ, p. 2012. *RIZIKOVÁ ANALÝZA VODOVODU OBECNÍHO TYPU*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [27] MORAVCOVÁ, B. 2013. *Analýza a hodnocení rizik technologií výstavby stavebních konstrukcí v prostředí integrovaného systému řízení*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

### 10.2 LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY

- [4] ČSN EN 31010. *Management rizik-Techniky posuzování rizik*. Leden 2011.
- [9] ČSN ISO 31000. *Management rizik: Principy a směrnice*. říjen 2010.
- [10] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů: Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. 02/2007.
- [21] Předpis č. 254/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů: vodní zákon*.
- [22] Předpis č. 274/2001 Sb. *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů: zákon o vodovodech a kanalizacích*.

- [23] Předpis č. 428/2001 Sb. *Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.*
- [24] Předpis č. 258/2000 Sb. *Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.*
- [25] Předpis č. 252/2004 Sb. *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.*
- [26] Předpis č. 216/2011 Sb. *Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.*

### 10.3 INTERNETOVÉ ODKAZY

- [3] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. *RIZIKA A JEJICH ANALÝZA*. září 2006. Dostupné z: <http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>. VŠB – TU Ostrava.
- [5] Metoda FMEA [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.komora-khk.cz/business/documents/?soubor=moduly/5-jakost/12-neustale-zlepsovani/12-2-fmea.pdf>
- [7] WaterRisk: Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou. VUT V BRNĚ. [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://cvvh.uvho.fce.vutbr.cz:8088/waterrisk/>
- [11] Zákony pro lidi [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/>
- [12] ŠEBESTOVÁ, Ing. Marie senior manager CQS. *CQS* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.cqs.cz/Novinky/Management-rizik-funguje-jako-nastroj-pro-zvysovani-bezpecnosti-ve-vsech-oblastech.html>
- [13] ČVUT, *FMEA* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://oprلز.iss.fد.čvut.cz/dokumenty/080523\\_6.2.FMEA.pdf](http://oprلز.iss.fد.čvut.cz/dokumenty/080523_6.2.FMEA.pdf)
- [14] STATSOFT ČR, s.r.o. *Statsoft: Paretova Analýza* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013\\_05\\_07\\_StatSoft\\_Paretuv\\_graf.pdf](http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013_05_07_StatSoft_Paretuv_graf.pdf)
- [15] VLASTNICESTA, poradenský portál. *Pareto analýza* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/>
- [16] VLASTNICESTA, poradenský portál. *Ishikawa analýza* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/ishikawa-diagram-1/>



## 11 SEZNAMY

### 11.1 SEZNAM DIAGRAMŮ

Diagram 1 Paretův diagram pro část systému v prameništi.....	62
Diagram 2 Paretův diagram pro vodojem B a chlorování .....	63
Diagram 3 Paretův diagram pro rozvodnou vodovodní síť .....	63
Diagram 4 Paretův diagram pro část systému v prameništi - Kvalita vody .....	82
Diagram 5 Paretův diagram pro část systému v prameništi - Doprava vody .....	82
Diagram 6 Paretův diagram pro část systému v prameništi - BOZP .....	83
Diagram 7 Paretův diagram pro vodojem B a chlorování - Kvalita vody .....	83
Diagram 8 Paretův diagram pro vodojem B a chlorování - Doprava vody .....	84
Diagram 9 Paretův diagram pro vodojem B a chlorování - BOZP .....	84
Diagram 10 Paretův diagram pro rozvodnou vodovodní síť - Kvalita vody .....	85
Diagram 11 Paretův diagram pro rozvodnou vodovodní síť - Doprava vody ....	85
Diagram 12 Paretův diagram pro rozvodnou vodovodní síť - BOZP .....	86

### 11.2 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Stupnice hodnocení pro analýzu FMEA .....	56
Tabulka 2 Analýza FMEA pro část systému v prameništi .....	58
Tabulka 3 Analýza FMEA pro vodojem B a úpravu vody chlorováním .....	59
Tabulka 4 Analýza FMEA pro rozvodnou vodovodní síť .....	60

### 11.3 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Základní kroky managementu rizik [12] .....	19
Obrázek 2 úvodní menu aplikace WaterRisk [7] .....	23
Obrázek 3 Evidence majetku aplikace WaterRisk [7] .....	24
Obrázek 4 Volba metodiky aplikace WaterRisk [7] .....	26
Obrázek 5 Deskripce systému aplikace WaterRisk [7] .....	26
Obrázek 6 Identifikace nebezpečí aplikace WaterRisk [7] .....	27
Obrázek 7 Matice rizik aplikace WaterRisk [7] .....	28
Obrázek 8 Ukázka Paretova diagramu [15] .....	30
Obrázek 9 Příklad Ishikawa diagramu [16] .....	31
Obrázek 10 Zjednodušené schéma SV A .....	32
Obrázek 11 Svah s jímacími zářezy .....	33
Obrázek 12 Sběrná studna .....	33
Obrázek 13 Sběrná studna - pohled dovnitř .....	34
Obrázek 14 Budova ČS s přilehlou akumulací .....	35
Obrázek 15 Zemní nádrž vodojemu .....	36
Obrázek 16 Rozvodná část čerpací stanice .....	36
Obrázek 17 Rezervní čerpadlo .....	37
Obrázek 18 Provozní čerpadlo .....	37

Obrázek 19 Tlaková nádoba ( protirázová ochrana).....	38
Obrázek 20 Vstupní dveře do komory vodojemu .....	38
Obrázek 21 Zemní vodojem s armaturní komorou .....	40
Obrázek 22 Potrubí v armaturní komoře s měrnou troubou .....	40
Obrázek 23 Chlorovací zařízení.....	41
Obrázek 24 WR - Základní údaje projektu [7] .....	44
Obrázek 25 WR - Evidence majetku [7].....	45
Obrázek 26 WR - Základní údaje projektu, úprava vody [7] .....	45
Obrázek 27 WR - Základní údaje projektu, distribuce vody [7].....	46
Obrázek 28 WR - volba metodiky [7].....	46
Obrázek 29 WR -Deskripce systému [7] .....	47
Obrázek 30 WR - Deskripce systému, jímací zářezy [7].....	47
Obrázek 31 Deskripce systému, dezinfekce [7].....	48
Obrázek 32 Deskripce systému, vodojem A [7] .....	48
Obrázek 33 Deskripce systému, vodojem B [7] .....	48
Obrázek 34 Deskripce systému, vodovodní síť [7].....	49
Obrázek 35 Deskripce systému, tlakové pásmo [7] .....	49
Obrázek 36 Identifikace nebezpečí - přírodní nebezpečí [7] .....	49
Obrázek 37 Identifikace nebezpečí - vandalismus [7].....	50
Obrázek 38 Identifikace nebezpečí - nevhodné krajinné hospodářství [7].....	50
Obrázek 39 Identifikace nebezpečí - zemědělské znečištění [7] .....	50
Obrázek 40 Identifikace nebezpečí - porucha dodávky el. energie [7] .....	50
Obrázek 41 Identifikace nebezpečí - porucha IT [7] .....	51
Obrázek 42 Identifikace nebezpečí - porucha měřidel [7].....	51
Obrázek 43 Identifikace nebezpečí - mechanická závada [7].....	51
Obrázek 44 matice rizik pro komplexní metodu [7].....	52
Obrázek 45 Seznam nežádoucích stavů [7] .....	53
Obrázek 46 Vyhodnocení výsledků - nežádoucí stavy [7] .....	55
Obrázek 47 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - Kvalita vody .....	66
Obrázek 48 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - Doprava vody .....	67
Obrázek 49 Analýza typu Rybí kost pro oblast prameniště - BOZP .....	68
Obrázek 50 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - Kvalita vody .....	69
Obrázek 51 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - Doprava vody .....	70
Obrázek 52 Analýza typu Rybí kost pro oblast vodojemu B a chlorování - BOZP .....	71
Obrázek 53 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - Kvalita vody .....	72
Obrázek 54 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - Doprava vody .....	73
Obrázek 55 Analýza typu Rybí kost pro oblast rozvodné vodovodní sítě - BOZP .....	74

## **12 PŘÍLOHY**

**PŘÍLOHA A Paretova analýza – dílčí analýzy**

**PŘÍLOHA B Vyexportovaný protokol z aplikace WaterRisk – metodika komplexní**